AKUSTISCHE ZEITSCHRIFT

Zweites Heft | Dritter Jahrgang | März 1938

Das Philips-Miller-System zur Tonaufzeichnung

Von R. Vermeulen

Natuurkundig Laboratorium der N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken Eindhoven (Holland)

(Mit 12 Textabbildungen)

Schon im Jahre 1891 hat HYMMEN in Iserlohn versucht, auf mechanischem Wege eine mit einer Selenzelle optisch wiederzugebende Tonaufzeichnung herzustellen, indem er von einer Papierunterlage eine schwarze Deckschicht abkratzte. Damals fehlten aber die technischen Mittel zur Durchführung dieses Gedankens und erst in letzter Zeit hat J. A. MILLER eine, vielleicht die einzig mögliche, Lösung der Hauptschwierigkeit dieses Problems angegeben: die Herstellung genügend großer Amplituden bei den hohen Frequenzen, welche zur Qualitätstonaufzeichnung unerläßlich sind.

Das Forschungslaboratorium der N. V. PHILIPS' Fabriken in Eindhoven hat in Zusammenarbeit mit dem Erfinder das von diesem angegebene Prinzip zu einem neuen Verfahren zur hochwertigen Tonaufzeichnung ausgearbeitet, dem „PHILIPS-MILLER-Verfahren", vom Erfinder auch wohl das mechanographische Verfahren genannt. Die Verbindung der mechanischen Aufzeichnung mit der optischen Wiedergabe vereinigt die Vorteile des Tonfilms mit denen der Schallplatte, deren Schwierigkeiten ja zum größten Teil einerseits in der photographischen Aufnahme und anderseits in der mechanischen Wiedergabe liegen.

Das neue System bot selbstverständlich auch viele neue Schwierigkeiten, über deren Überwindung an dieser Stelle zum Teil berichtet wird. Eine kurze Beschreibung der Ausführung, der Eigenschaften und der Anwendungsmöglichkeiten wird vorausgeschickt.

Grundgedanke des PHILIPS-MILLER-Systems

Beim PHILIPS-MILLER-System wird in einen Filmstreifen die Tonspur eingeschnitten, die eine Wiedergabe mittels Optik und Photozelle

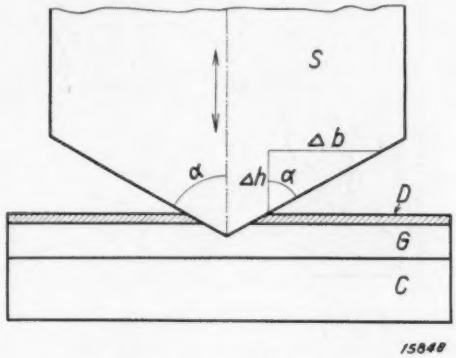

Abb. 1. Querschnitt durch den keilförmigen Stichel S und den „Philimil"-Streifen. Letzterer besteht aus einer Zelluloidunterlage C, einer durchsichtigen Gelatineschicht G und einer ganz dünnen undurchsichtigen Deckschicht D. Der Stichel S hebt aus dem Film, der unter ihm entlanggeführt wird, eine Rinne aus. Durch die Entfernung der Deckschicht D längs dieser Rinne entsteht eine durchsichtige Spur auf undurchsichtigem Grunde. Infolge der stumpfen Keilform des Stichels haben kleine Hebungen und Senkungen Δh des Stichels erhebliche Breitenänderungen $2\,\Delta b$ der geschnittenen Spur zur Folge; bei einem halben Keilwinkel α beträgt die „Vergrößerung" $2\ \mathrm{tg}\,\alpha$. Im praktisch gewählten Falle $\alpha = 87°$ ist $2\ \mathrm{tg}\,\alpha = 40$

wie jeder andere Tonfilm gestattet. Das zum Einschneiden geeignete Filmmaterial, der „Philimil"-Streifen, besteht aus einer Zelluloidunterlage (Abb. 1), die an Stelle der üblichen photographischen Emulsion eine einfache,

durchsichtige Gelatineschicht von etwa 60 μ Dicke trägt, auf welcher eine sehr dünne (etwa 3—5 μ dicke), undurchsichtige Deckschicht aufgebracht wird. Senkrecht zur Ebene des Filmstreifens bewegt sich im Rhythmus der aufzuzeichnenden Schallschwingungen ein Stichel der in Abb. 1 angegebenen stumpfen Keilform. Dieser Stichel hebt einen „Span" von der darunter entlanggeführten Gelatineschicht ab. Dabei wird die dünne Deckschicht zusammen mit der Gelatine entfernt, man erhält eine durchsichtige Spur in undurchsichtiger Fassung. Läßt man den Stichel sich jetzt senkrecht zum Filmstreifen auf und ab bewegen, so wird die Breite dieser durchsichtigen Spur stark wechseln (Abb. 2 und 3) und zwar werden die Breitenänderungen eine lineare Vergrößerung der Stichelbewegungen zeigen. Diese Vergrößerung läßt sich aus dem Winkel 2α der Stichelspitze einfach berechnen zu:

$$\frac{2\,\Delta b}{\Delta h} = 2\,\mathrm{tg}\,\alpha\,.$$

Es hat sich gezeigt, daß mit einem Winkel $\alpha = 87^0$ gute Ergebnisse erreicht werden. Da $\mathrm{tg}\ 87^0 = 19$, kann die Vergrößerung fast ein 40fache sein.

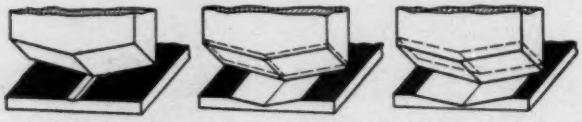

Abb. 2. Die Breite der aus dem Film geschnittenen Spur in drei verschiedenen Stellungen des Stichels

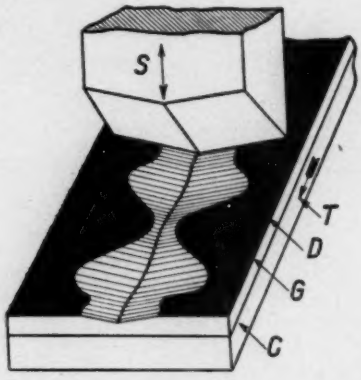

Abb. 3. Der Stichel S wird im Rhythmus der aufzuzeichnenden Schallschwingungen auf und ab bewegt (senkrecht zur Filmebene). D, G und C wie in Abb. 1. Auf dem „Philimil"-Streifen, der in der Richtung T unter dem Stichel entlanggezogen wird, entsteht eine durchsichtige Tonspur auf undurchsichtigem Grunde

Zur Erzielung einer normalen Tonspur von etwa $2\,b = 2$ mm, wie sie beim Tonfilm üblich ist, braucht die Stichelbewegung nur eine doppelte Amplitude $\Delta\,h$ von

$$\frac{2000}{40} = 50\,\mu$$

zu haben. Diese mechanische, trägheitslose Vergrößerung bildet den Kernpunkt des ganzen Verfahrens und ermöglicht den Bau eines Tonschreibers, der hohen Anforderungen genügt.

Die eigentümliche Verbindung des mechanischen Aufnahmeverfahrens mit dem üblichen optischen Wiedergabeverfahren hat erhebliche Vorteile. Der wesentlichste ist besonders der, daß die Tonaufzeichnung unmittelbar nach der Herstellung ohne jede Nachbehandlung fix und fertig zur Wiedergabe bereit ist. Dadurch ist die Möglichkeit geschaffen, die endgültige Tonspur zur Überwachung der Aufnahme mit einer nur sehr kleinen Zeitdifferenz ($\sim {}^1/_5$ sec) sogar während der Aufnahme abzuhören.

Über dem photographischen Verfahren sind verschiedene Vorteile erreicht: Alle Bearbeitungen am Filmstreifen können im vollen Tageslicht geschehen. Die Tonspur ist schärfer begrenzt, da das Korn und die Lichtzerstreuung in der Emulsion hier nicht auftreten. Infolge der kornfreien Deckschicht ist das Grundgeräusch herabgesetzt und die Aufzeichnung der hohen Frequenzen verbessert, auch weil die endliche Breite des zur photographischen Aufnahme notwendigen Lichtspaltes fehlt. Der Stichel kann so scharf geschliffen werden, daß er bis zu sehr hohen Frequenzen (Wellenlängen von 10 μ können geschnitten werden) keine Begrenzung des Frequenzganges bildet. Die Transparenz der Spur ist größer, da sich kein photographischer Schleier bildet und die Schwärzung der Deckschicht von vornherein einen günstigen Wert hat. Die ganze Entwicklung ist ja ohnehin weggefallen.

Viele der Vorteile des Tonfilms bleiben erhalten, da diese nicht mit der Aufnahmemethode zusammenhängen, sondern mit der optischen Wiedergabe verbunden sind. Wir nennen: die lange Spieldauer; die Möglichkeit,

Schnitte anzubringen und Stücke zusammenzukleben und so eine Tonmontage vorzunehmen; die geringe Abnutzung des Tonträgers, womit sich auch das Auswechseln der Abspielnadel, wie bei den Schallplatten, erübrigt; das Fehlen einer Rückwirkung auf den Antrieb des Trägers, der zudem nur wenig Leistung braucht, was die Erreichung einer konstanten Geschwindigkeit erleichtert.

Der Schallplatte gegenüber kann noch darauf hingewiesen werden, daß bei der optischen Wiedergabe Konstanz der Amplitude gebräuchlich ist, während die Schallplatten eine mit zunehmender Frequenz abnehmende Amplitude aufweisen. Insbesondere im Gebiet höherer Frequenzen überschreiten damit die Amplituden beim Tonfilm viel eher die Abmessungen der das Grundgeräusch herbeiführenden Fremdkörper und Unebenheiten. Der Störspiegel würde also bedeutend erniedrigt werden, wenn nicht andere bis jetzt unwichtige Quellen dazukämen. Beim „Philimil"-Streifen fehlen aber photographisches Korn und photographischer Schleier und insbesondere der Schmutz, der auch bei peinlichst sauberer Handhabung bei der Entwicklung immer in den Bädern auf den Film gelangt. Die frisch geschnittene Oberfläche des „Philimil"-Streifens ist im Gegenteil sehr sauber. Sie wird aber während des Gebrauchs, wie jeder Film, leicht verschmutzt.

Die Konstanz der Amplitude fördert zwar die hohen Frequenzen und senkt den Störspiegel, bedingt jedoch ebenfalls, daß der Tonschneider im Gebiet der höchsten Frequenzen immer noch dieselbe Amplitude schreibt wie im unteren Gebiet.

Der Tonschreiber[1])

Die letzte Behauptung ist nicht ganz richtig. Zwar soll die Empfindlichkeit des Tonschreibers im ganzen Frequenzgebiet die gleiche sein, dagegen braucht der Tonschreiber im Gebiet der hohen Frequenzen nicht genau dieselben großen Amplituden aufzuzeichnen wie um 300 Hz herum. Denn die Obertöne haben eine viel geringere Stärke als die Grundtöne, wie u. a. aus Messungen von Fletcher, Sivian, Dunn und White[2]) hervorgeht.

Im folgenden wird sich zeigen, daß diese Tatsache von großer Bedeutung ist. Der Versuch, einen Schreiber zu schaffen, der bis über 8000 Hz eine lineare Frequenz-Amplitudencharakteristik besitzt, stößt auf fast unüberwindliche Schwierigkeiten. Die erste Anforderung ist naturgemäß eine Resonanzfrequenz in der Nähe von 8000 Hz, also eine große Einspannfederhärte des Ankers, womit die Empfindlichkeit stark herabgesetzt wird. Da aber die Verstärkertechnik heutzutage große Leistungen zur Verfügung stellt, ist eine große Empfindlichkeit keine Grundbedingung. Indirekt ist eine kleine Empfindlichkeit Ursache, daß die Maximalamplitude auf ein Maß beschränkt wird, das aus mechanischem Grunde durchaus zulässig wäre, das aber durch die Erwärmung der Spule oder die Verzerrungen im magnetischen Kreise bestimmt wird. Eine einfache Rechnung zeigt z. B. die Unzulänglichkeit des elektrodynamischen Systems:

Die Amplitude (a) eines elektrodynamischen Systems beträgt bei Vernachlässigung aller Massen außer der der Schwingspule selbst:

$$a = \frac{0{,}1\, H \cdot l \cdot I}{F} = \frac{0{,}1\, H \cdot l \cdot I}{m\, \omega^2} = 0{,}1\, \frac{H \cdot i}{\varrho\, \omega^2}\,.$$

Hierin bedeutet (H) die Feldstärke im Luftspalt, (I) die Stromstärke und (i) die Stromdichte, (l) die Drahtlänge der Spule, (m) ihre Masse, während (F) die Federhärte, (ω) die Resonanzfrequenz mal $2\,\pi$ und (ϱ) die Dichte des Spulendrahtes bedeuten.

Selbst bei Wahl der hohen Werte: $H = 15000$ Gauß, $i = 10$ A/mm² und Benutzung von Aluminium ($\varrho = 3$ g/cm³) erzielt man nur eine Amplitude $a = 10\ \mu$ bei einer Resonanzfrequenz von nur 3500 Hz. Sogar die 40fache Vergrößerung des Miller-Stichels reicht nicht aus zum Modulieren der beim Tonfilm üblichen Spurbreite von etwa 2 mm.

Ein elektromagnetisches System, das leider einer so einfachen Berechnung nicht zugänglich

[1]) Ausführlich wurde der Tonschreiber beschrieben von A. Th. van Urk, Philips Techn. Rdsch. 1 (1936), S. 135.

[2]) L. J. Sivian, H. K. Dunn and S. D. White, J. Acous. Soc. Am. 2 (1931), S. 330.

ist, eignet sich besser zu unserem Zweck, da Amplituden von 30 μ bei einer Resonanzfrequenz von mehr als 5000 Hz ohne Übersteuerung in irgendeiner Hinsicht erreicht werden können, ja eine weitere Durcharbeitung der Konstruktionseinzelheiten läßt eine Erhöhung dieser Frequenz oder der Amplitude nicht ohne Aussicht erscheinen.

Der Umstand, daß im Frequenzgebiet oberhalb 5000 Hz niemals volle Aussteuerung verlangt wird, wird jetzt von größter Bedeutung, da es damit zulässig wird, die Verstärkung über

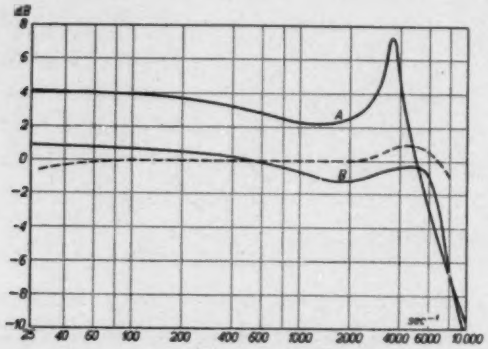

Abb. 4. Frequenzkennlinien des Tonschreibers: *A* in unbelastetem Zustand (Stichel frei schwingend), die Resonanzstelle liegt hier bei etwa 3500 Hz; *B* in belastetem Zustand (Stichel gräbt eine Tonspur ein), durch die Filmdirektionskraft ist die Resonanzstelle nach etwa 5000 Hz verschoben und die Empfindlichkeit des Systems, d. i. die Amplitude bei gleichem Erregerstrom, um etwa 3 db zurückgegangen; durch die Filmdämpfung ist die Resonanzspitze stark abgeflacht. Die in Kurve *B* noch vorhandenen Abweichungen vom waagerechten Verlauf werden schließlich weitgehend kompensiert durch eine passende Kennlinie des Verstärkers. Die gestrichelte Kurve *C* zeigt den Verlauf der Frequenzkennlinie der gesamten Apparatur zur Tonaufzeichnung und Wiedergabe

5000 Hz zu steigern und in dieser Weise den Frequenzgang des Schreibers weitgehend zu kompensieren, ohne diesen Verstärker und, was wichtiger ist, den Schreiber selbst zu übersteuern. Abb. 4 zeigt die erreichten Kennlinien, während die Abb. 5 und 6 den Aufbau des Schreibers erklären. Da wegen der Empfindlichkeit die Luftspalte zwischen Anker und Polschuhen klein sind, wird der Anker mitsamt den Einspannplatten (*Pl*) und den Torsionsstegen aus einem Stück hergestellt und ebengeschliffen. Ebenso werden die Polschuhe mitsamt den Stellen des Rahmens (*R*), welche die Einspannplatten festhalten, in einem Gang ebengeschliffen. Beim Einspannen des Ankers

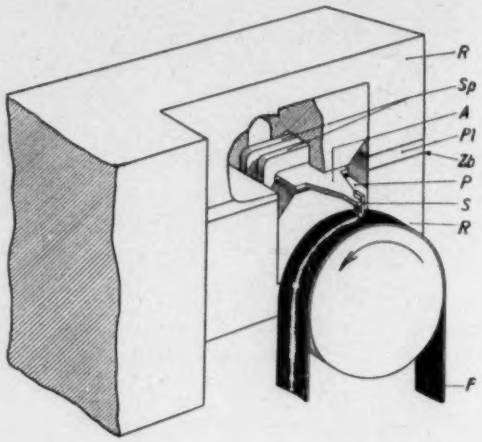

Abb. 5. Blick in das Innere des Antriebssystems. Man erkennt die in den Messingrahmen *R* eingelassenen Polschuhe *P*, zwischen welche sich der Anker *A* bewegt. Um den Anker *A* liegen die Erregerspulen *Sp*, er ist mit den Einspannplatten *Pl* zwischen die obere und untere Rahmenhälfte eingeklemmt, wobei die Zwischenbleche *Zb* für die genaue Einhaltung des gewünschten Luftspalts zwischen *A* und *P* sorgen. Der Anker *A* trägt an einem Fortsatz den Stichel *S*, der in den Film *F* bei dessen Bewegung in der Pfeilrichtung die Tonspur eingräbt

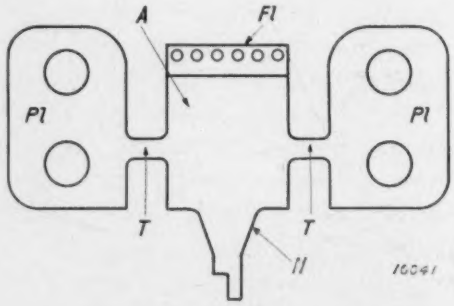

Abb. 6. Das flache Ankerstück besteht aus dem eigentlichen Anker *A*, den Stegen *T*, die als Torsionsachse fungieren, und den Einspannplatten *Pl*. Der Anker hat einen Fortsatz *N* zur Befestigung des Stichels und eine Flosse *Fl* zum Zweck einer zusätzlichen Dämpfung

werden zwischen Rahmenendflächen und Anker dünne Zwischenbleche (*Zb*) gefügt. Diese bestimmen das Maß der vier Luftspalte, die ohne weiteres den gleichen Wert haben werden.

Der Stichel

Bei der photographischen Aufnahme beschränkt die endliche Breite des Lichtspaltes die hohen Frequenzen. Beim PHILIPS-MILLER-Verfahren ist das nicht der Fall, der Stichel ist so scharf geschliffen, daß von einer endlichen Breite gar nicht die Rede sein kann. Trotzdem besteht durch die Stichelform auch im hohen Frequenzgebiet eine Grenze, die in Abb. 7 erläutert wird. Die Festigkeit des Stichels erfordert einen möglichst großen Schneide-

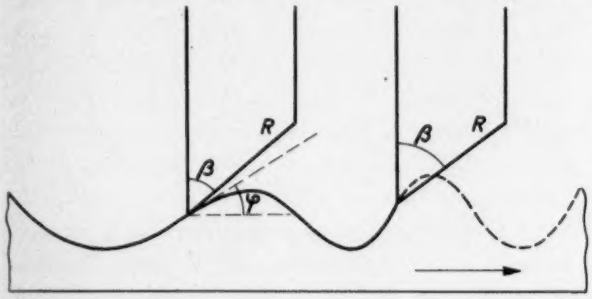

Abb. 7. Begrenzung der geschnittenen Amplitude
Links: $\varphi + \beta < 90°$, möglich
Rechts: $\varphi + \beta > 90°$, unmöglich
Das größte Gefälle φ, das der Stichel beim Eindringen in den Streifen schneiden kann, ist durch die Bedingung $\varphi + \beta \leqq 90°$ begrenzt

winkel β; bei einem zu großen Winkel würde jedoch die Rückseite des Stichels die bereits geschnittene Spur beschädigen, sobald der Neigungswinkel der Spur dem Schneidewinkel komplimentar wird. Abhilfe schafft auch an dieser Stelle der schon erwähnte Umstand, daß im höheren Frequenzgebiet niemals die volle Aussteuerung verlangt wird.

Es zeigt sich[3]), daß ein Winkel $\beta = 55^0$ sich gut mit einer Spur von 2 mm verträgt, und daß die Festigkeit des Stichels genügend ist, falls man das geeignete Material wählt. Dabei soll nicht nur auf große Härte geachtet werden, sondern auch auf so vollkommene Homogenität, daß nur Einkristalle in Betracht kommen. Diese Homogenität ist in erster Linie notwendig, weil sonst die Herstellung einer vollkommen geraden Schneide nicht gelingen würde. Die außerordentliche Bedeutung der geraden Schneide wird ohne weiteres klar sein, wenn man bedenkt, daß die Schneide das Übertragungsmaß zwischen Vertikalbewegung des Stichels und Spurbreite bestimmt.

Abb. 8 zeigt die Befestigung des Stichels am Ankerfortsatz, welche eine leichte Auswechslung gestattet, während der richtige Stand ohne weiteres gewährleistet ist.

Der Aufnahmestreifen

Das Schleifen der geraden Kante des Stichels ist eine Präzisionsarbeit, da Abweichungen Verzerrungen hervorrufen. Die peinlichst genaue Prüfung aller Stichel vor dem Gebrauch verbürgt eine absolut gerade Schneide. Etwaige Beschädigungen des Stichels während der Aufnahme würden aber auch Abweichungen hervorrufen.

Es hat sich gezeigt, daß fast alle Beschädigungen des Stichels auf Inhomogenitäten und

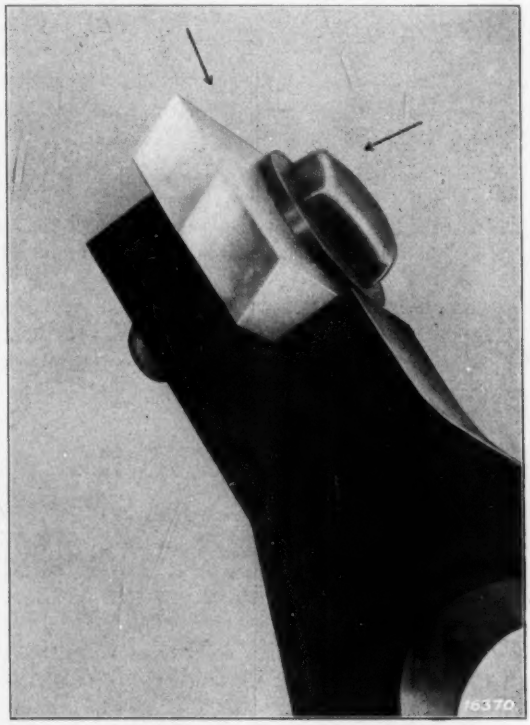

Abb. 8. Befestigung des Stichels am Ankerfortsatz des Tonschreibers. Beim Einsetzen wird der Stichel in der Richtung der beiden Pfeile gegen die gut ebengeschliffenen Anlegeflächen gedrückt und mit Hilfe einer kleinen Knarre festgeschraubt (stark vergrößert)

[3]) Ausführlich wird das Problem des PHILIPS-MILLER-Stichels von A. CRAMWINCKEL behandelt in Philips Techn. Rdsch. 1 (1936), S. 211.

Fremdkörper in der Schneideschicht zurückzuführen waren. Damit war auch eine Lösung dieses Problems möglich, wenn auch nicht sehr einfach. Als Grundmaterial für die Schneideschicht wurde Gelatine gewählt, die durch weiteren Abbau, Ölzusatz, gründliche Filterung und weitere Maßnahmen in eine gute Schneideschicht übergeführt wird. Das Ergebnis war:

Abb. 9a

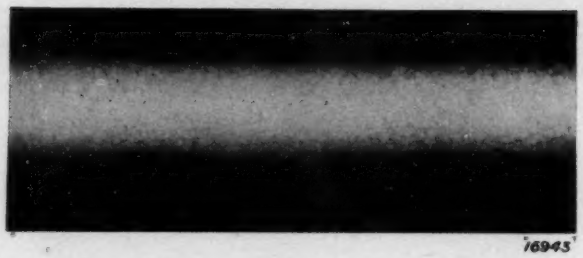

Abb. 9b

Abb. 9. a) Rand einer unmodulierten PHILIPS-MILLER-Spur, 100fach vergrößert. Man erkennt auch im durchsichtigen Teil des Schnittkeils keine Körnung. b) Zum Vergleich mit Abb. 9a) eine Mikroaufnahme einer Ruhespur in einem Versuchsfilm von guter Qualität (photographisches Verfahren mit sichtbarem Licht)

eine klare Tonspur, ein gut zusammenhängender ablaufender Span und eine sehr gute Randschärfe, extrem wenig Schmutz und Inhomogenitäten. Die gute Schärfe der Ränder ist die auffallendste Eigenschaft einer „Philimil"-Tonaufnahme. Sie entsteht durch eine Deckschicht von nur 3—5 μ, die kornfrei ist und eine Schwärzung von mindestens 1,4 im Infrarot ergibt. Eine höhere Schwärzung würde nicht nützlich sein, da damit keine Erhöhung des von der Photozelle gelieferten Signals erhalten wird. Die Schwärzung wächst schnell mit abnehmender Wellenlänge des auffallenden Lichtes; dieses bietet mit Rücksicht auf die photographische Vervielfältigung des „Philimil"-Positivs große Vorteile[4]).

Abb. 9 zeigt den Rand einer PHILIPS-MILLER-Spur mit einer photographischen Aufnahme zum Vergleich.

Wenn die Dicke des „Philimil-"Streifens Schwankungen aufweist, wird die Spurweite auch geändert, und zwar im 40fach vergrößerten Maßstabe. Erstreckt diese Änderung der Dicke sich auf die ganze Streifenlänge, so wird dadurch nur die Breite der unmodulierten Spur geändert und damit die zulässige Aussteuerung. Ändert die Dicke sich aber auf kürzeren Strekken, so entsteht die Möglichkeit, daß im Lautsprecher etwas davon gehört wird.

Die Fertigung des „Philimil-"Streifens ist so eingerichtet, daß die Stärkeschwankung insgesamt nicht mehr als etwa 6 μ beträgt und auf kurzen Strecken nicht mehr als etwa 4,5 μ, und daß die Stärke der Schneideschicht den Mindestwert, der zur vollen Aussteuerung nötig ist, nicht unterschreitet.

Die Maschine

Obwohl die Tonfilmaufnahme- und Wiedergabemaschinen einen hohen Grad der Vollkommenheit erreicht haben, waren beim PHILIPS-MILLER-Verfahren doch wieder neue Probleme zu lösen. Das Wiedergabeverfahren ist zwar das gleiche, doch bei der Aufnahme wird der Streifen hohen mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt, was bei der photographischen Aufnahme nicht der Fall ist. Nun bildet eine mechanische Beanspruchung, wie sie auch beim Schneiden von Schallplatten auftritt, keine unüberwindliche Schwierigkeit, wenn der Träger nur fest mit einem hinreichend schweren Schwungrad gekuppelt werden kann. Die Perforierung, die in den normalen Filmen angebracht wird, erschien dazu als das geeignetste, ja fast unentbehrliche Mittel. Das Ergebnis war jedoch anders. Die Perforierung erwies sich, wenn sie mechanische Beanspruchungen aufnehmen sollte, als zu wenig genau. Auch wenn die Fertigung mit äußerster Sorgfalt er-

[4]) Der Philimil-Streifen wird ausführlich behandelt von C. J. DIPPEL in Philips Techn. Rdsch. 1 (1936), S. 230.

folgte, entstanden infolge der Filmschrumpfung immer noch unzulässige Abweichungen. Daß diese hier ernstlicher sind, läßt sich vielleicht folgendermaßen erklären:

Die Kräfte, die beim Schneiden auf den Film ausgeübt werden, werden den Film, unmittelbar nachdem ein Zahn losgelassen hat, gegen den nächsten Zahn ziehen. Bei einem unbeanspruchten oder wenig beanspruchten Film wird sich der Übergang vom einen Zahn auf den nächsten infolge der Reibung wahrscheinlich mehr oder weniger allmählich vollziehen, wodurch der störende Einfluß geringer wird. Bei der photographischen Aufnahme und sogar bei der Wiedergabe vermeidet man heutzutage jedoch auch die Verwendung der Perforierung soviel wie möglich, da sie doch immer eine Phasenmodulation des wiedergegebenen Tones mit der Zahnfrequenz mit sich bringt.

Es war daher sehr erfreulich, als sich wider alle Erwartung die Möglichkeit herausstellte, den Film auf einer glatten Rolle zu schneiden, sofern er durch Druckrollen mit ausreichender Kraft auf die Schneiderolle gedrückt wird. Dabei ist es vorteilhaft, die Druckrollen mit Gummi zu bekleiden. Bei der Schneiderolle ist das naturgemäß nicht möglich, da durch die mehr oder weniger starke Eindrückung der Schneiderolle Verzerrungen eintreten würden. Die wechselnde Beanspruchung bietet jedoch zudem Schwierigkeiten hinsichtlich des Antriebs des Schwungrades, mit dem der Streifen gekuppelt ist. Damit das Schwungrad den beabsichtigten Zweck erfüllen kann, muß der Antrieb über eine elastische Kupplung erfolgen, welche die Unregelmäßigkeiten im Antrieb aufnehmen kann, während sich das Schwungrad mit konstanter Geschwindigkeit weiterdreht. Je nachgiebiger die elastische Kupplung ist, desto weniger werden Abweichungen in der Fortbewegung störende Kräfte auf das Schwungrad ausüben und desto gleichmäßiger wird der Gang des Streifens sein.

An die Streifengeschwindigkeit werden jedoch zwei Ansprüche gestellt: Erstens dürfen keine raschen Änderungen auftreten, weil das Ohr gerade für diese sehr empfindlich ist. Dafür wird angegeben, daß bei einem dreimaligen Wechsel in der Sekunde noch ein Tonhöhenunterschied von 0,3% wahrzunehmen ist. Überdies darf jedoch der Absolutwert der Tonhöhe nicht viel von dem ursprünglichen Wert abweichen, weil offenbar eine verhältnismäßig große Zahl von Personen imstande ist, auch über längere Zeiträume Unterschiede von weniger als 3% wahrzunehmen[5]).

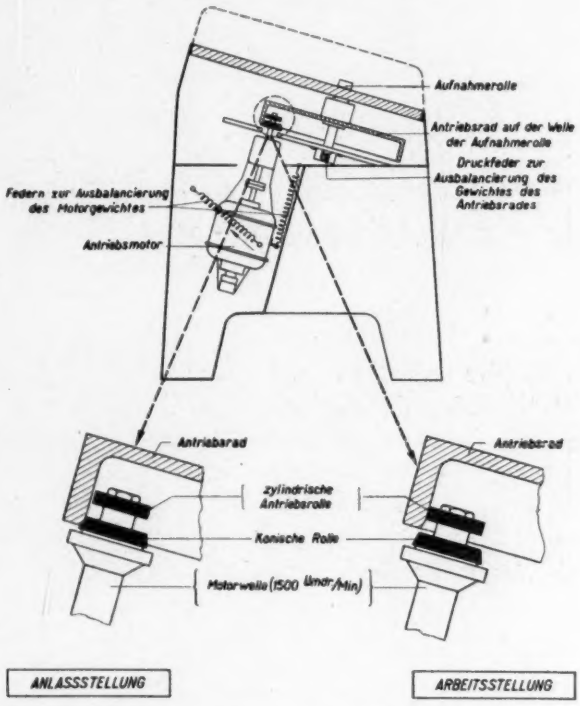

Abb. 10. Der Antrieb des Antriebsrades für den Transport des „Philimil"-Streifens. In der ganzen Maschine werden keine Zahnräder benutzt, der Antrieb findet durch Friktion statt

Die elastische Kupplung bewirkt jedoch, daß gerade bei einer Änderung der Beanspruchung auch eine Geschwindigkeitsänderung auftreten muß, weil die elastische Kupplung stärker gespannt werden muß, um die vergrößerte Beanspruchung aufzunehmen, wozu das Schwungrad zurückbleiben muß. Unter diesem Gesichtswinkel betrachtet, wäre es also erwünscht, die Kupplung so starr wie möglich zu machen, damit der Zusammenhang zwischen dem Schwungrade und dem Drehfeld des antreibenden Synchronmotors möglichst fest ist.

[5]) J. DE BOER, Philips Techn. Rdsch. 2 (1936); Tonfilm, hrsg. von FISCHER und LICHTE, S. 250.

Eine Berechnung zeigt, daß die beiden Anforderungen der zulässigen Beschleunigung und der zulässigen Geschwindigkeitsabweichung der Starrheit der Kupplung zwei Grenzen setzen. Beide Anforderungen können nur dann gleichzeitig erfüllt werden, wenn die Fehler im Getriebe nicht zu groß sind.

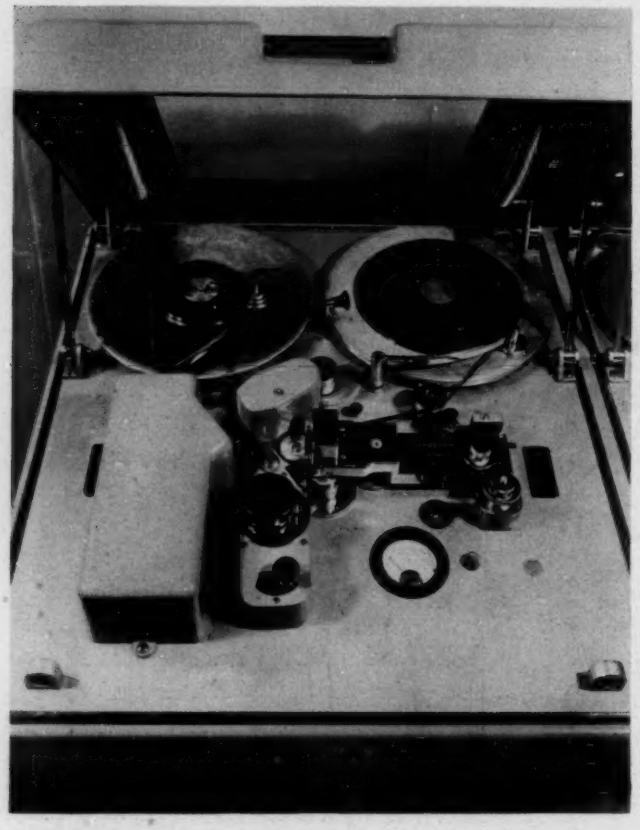

Abb. 11. Ein Pult der Aufnahme- und Wiedergabenmaschine der PHILIPS-MILLER-Anlage für Rundfunkzwecke

Der Konstrukteur der Maschinen, Dipl.-Ing. J. C. HARDENBERG, hat eine Lösung angegeben, die den gestellten Anforderungen in idealer Weise entspricht. Die Kupplung ist so direkt und die erzielbare Genauigkeit so groß, daß eigentlich ein besonderes Filter weggelassen werden kann und die von Natur aus auftretende Trägheit und Elastizität ausreichen, um die gewünschte konstante Geschwindigkeit zu gewährleisten. Die Übertragung zwischen der sich rasch drehenden Motorwelle und der langsamen Welle der Schneiderolle wird durch ein Reibungsradgetriebe erzielt, wodurch Zahnräder in der Maschine nicht mehr vorkommen (Abb. 10). Das langsame Rad hat einen sehr großen Durchmesser. Gegen die Innenseite des Flansches dieses Rades läuft ein Rad, das auf der Motorwelle befestigt ist. Die Außenseite dieses Rades besteht aus einer besonders präparierten Gummischicht. Beim Anlassen wäre das Gummirad einer anormalen Abnutzung ausgesetzt. Um diese zu vermeiden, wird während des Anlassens ein anderes, konisches Rad benutzt, das gegen den Unterrand des Flansches läuft. Beim Anlassen wird erst der Anlaßwiderstand ausgeschaltet, danach senkt sich durch weiteres Drehen desselben Handrades der Motor ein wenig, wodurch das konische Rad außer Betrieb gesetzt wird, und das normale zylindrische Rad weiter für den Antrieb sorgt.

Die Maschine, wie sie für Rundfunkzwecke gebaut wurde und bei verschiedenen europäischen Rundfunksendern verwendet wird, ist in Abb. 11 und 12 dargestellt. Zur Aufnahme und Wiedergabe während unbeschränkter Zeit ist die Anlage doppelt ausgeführt, wobei ohne Unterbrechung von der einen Maschine auf die andere umgeschaltet werden kann.

Der „Philimil"-Streifen wird lediglich von der glatten Rolle angetrieben, auf der auch geschnitten wird; das ist infolge der sehr gleichmäßigen Arbeitsweise der Schlüpfungskupplungen im Antrieb der Auf- und Abwickelspulen möglich. Dabei wird durch die Hebel, die an der Außenseite der Spulen laufen, dafür gesorgt, daß die Schlüpfungskupplungen eine nahezu konstante Zugkraft auf den Streifen ausüben. Nach dem Verlassen der Schneiderolle wird der Streifen von der Aufwickelspule über die Wiedergabebahn geführt, die in normaler Weise mit einer Belichtungsoptik und einer Photozelle ausgestattet ist. Hiermit kann während der Aufnahme mit sehr geringer Zeitverzögerung die Qualität geprüft werden.

Durch Drehen des großen Knopfes in der Mitte der Abbildung kann die Andrückrolle von der Schneiderolle gehoben werden, und

gleichzeitig hält dann ein Gummifinger den „Philimil"-Streifen gegen die Wiedergabebahn. Damit ist es möglich, innerhalb sehr kurzer Zeit den Streifen stillzusetzen, während der Motor und das ganze Getriebe weiterlaufen. Umgekehrt kann der Streifen wieder in sehr kurzer Zeit auf die normale Geschwindigkeit gebracht

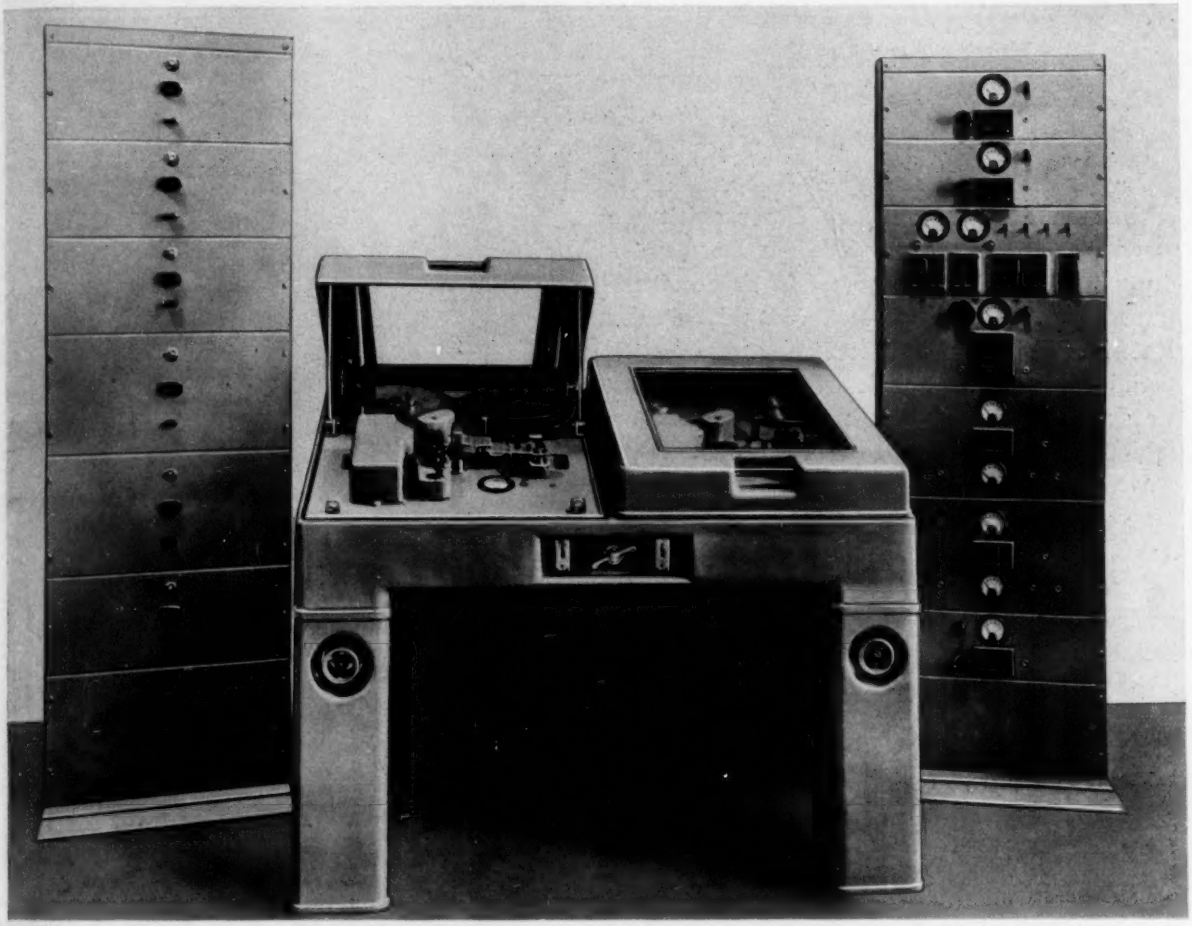

Abb. 12. Die PHILIPS-MILLER-Anlage für Rundfunkzwecke. In der Mitte erblickt man die Aufnahme- und Wiedergabemaschine, rechts das Verstärkergestell und links das Speisungsgestell

werden, und zwar dadurch, daß der Gummifinger losläßt und die Andrückrolle wieder andrückt. Dadurch wird ein Heulen beim Einschalten des Streifens vermieden, was vor allem bei der Umschaltung der Wiedergabe oder der Aufnahme von der einen Maschine auf die andere von Bedeutung ist.

Außer für Rundfunkzwecke sind auch Maschinen für synchronisierte Tonbegleitung zu Bildaufnahmen gebaut worden; dabei müssen wegen des Antriebes durch die glatte Schneiderolle besondere Mittel angewandt werden, um die Synchronisierung der Perforationen auf dem Bildfilm und dem „Philimil"-Streifen zu sichern. Die Beschreibung dieser Maschinen, ebenso wie die der Entwicklung von Zusatzgeräten, würde zu weit führen. Der vorliegende Artikel soll lediglich eine allgemeine Darstellung des neuen Tonaufzeichnungsverfahrens geben, das seit kurzem im praktischen Betrieb erfolgreich verwendet wird und dem unserer Ansicht nach noch eine bedeutsame Entwicklung bevorsteht.

(Eingegangen am 2. Oktober 1937.)

Zur Messung von Absorptions- und Empfindlichkeitskurven des menschlichen Ohres

Von Rudolf Kurtz

Mitteilung aus dem Physikalischen Institut der Technischen Hochschule Breslau

(Mit 9 Textabbildungen)

Im Rahmen der physikalischen Untersuchungen des menschlichen Ohres spielt die Bestimmung der Reizschwelle der Hörempfindung und die Bestimmung der Trommelfellimpedanz eine wichtige Rolle. Im Laufe der Entwicklung ist die Reizschwelle verschieden definiert und in verschiedenen Maßen gemessen worden. Es war deshalb notwendig, die verschiedenen Definitionen und Umrechnungsverfahren klarzulegen und eine neue einfache Methode zur Messung von Trommelfellimpedanzen zu entwickeln. Nachdem diese Aufgaben durch die Arbeiten von WAETZMANN[1]) und KEIBS[2]) gelöst worden waren, konnten Reihenmessungen von Empfindlichkeits- und Absorptionskurven durchgeführt werden. Die Empfindlichkeitsmessungen wurden nach dem „Kammerverfahren"[3]) vorgenommen. Die entsprechenden Messungen lassen sich ohne Schwierigkeiten durchführen. Dagegen treten bei den Absorptionsmessungen nach dem Rohrverfahren[2]) Schwierigkeiten auf, über deren Ursache und Beseitigung im 1. Teil der vorliegenden Arbeit berichtet werden soll. Im 2. und 3. Teil sollen einige Ergebnisse der Ohrempfindlichkeits- und Trommelfellimpedanzmessungen an verschiedenen Personen, im besonderen an den Angehörigen einer Familie, mitgeteilt werden.

[1]) E. WAETZMANN, Festschrift der Technischen Hochschule Breslau 1935, S. 470. — E. WAETZMANN und L. KEIBS, Akust. Z. 1 (1936), S. 3.

[2]) L. KEIBS, Ann. Physik 5, 26 (1936), S. 585.

[3]) E. WAETZMANN und H. HEISIG, Ann. Physik 5, 16 (1933), S. 404.

1. Schwierigkeiten bei den Absorptionsmessungen

Abb. 1 zeigt die Apparatur zur Absorptionsmessung in ihrem schematischen Aufbau, wie sie im wesentlichen aus früheren Veröffentlichungen[4]) bekannt ist. Als Tonquelle stand ein im Institut gebauter Überlagerungssummer

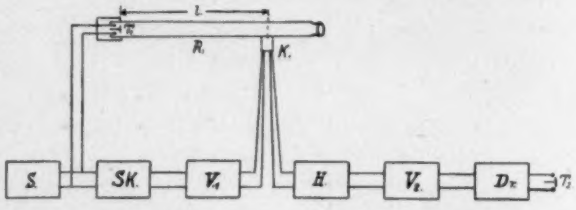

Abb. 1. Schematische Anordnung zur Aufnahme von Trommelfellimpedanzen. T_1 = Schallquelle; R = Messingrohr; K = Kompensationsmikrophon; S = Überlagerungssummer; SK = Schleifdrahtkompensator; V_1 = Verstärker; H = Hochfrequenzschaltung nach RIEGGER; V_2 = Verstärker; Dr = Drosselkette; T_2 = Abhörtelephon

S zur Verfügung, der nicht immer der geforderten Frequenzkonstanz genügte. Genaue Messungen ergaben, daß bei einer Änderung der Frequenz um $^1/_{10}$ Hz der am GEYGERschen Schleifdrahtkompensator[5]) SK abgelesene Vektor der Kompensationsspannung im Durchschnitt um 6 Skalenteile, d. h. um 2^0 wandert. Dabei bleibt der Absolutbetrag des Vektors erhalten, es ändert sich nur seine Lage. Wodurch wird nun das Wandern des Vektors oder anders aus-

[4]) W. GEFFCKEN, Ann. Physik 5, 19 (1934), S. 829 und S. 841.

[5]) W. GEYGER, Arch. Elektrotechn. 17 (1927), S. 224.

gedrückt, die Phasenänderung der Kompensationsspannung bedingt? Die Spannung am Kompensator SK ist phasengleich mit der Spannung am Telephon T_1 am Anfang des langen Rohres. Zwischen Telephon T_1 und Mikrophon K tritt eine Phasenverschiebung φ auf, die von der Länge l des Rohres zwischen Telephon und Mikrophon, von der Frequenz ν und der Schallgeschwindigkeit c abhängt. Sie beträgt im Winkelmaß:

$$\varphi = \frac{360 \cdot l \cdot \nu}{c}. \tag{1}$$

Bei einer Frequenzänderung $\Delta\nu$ der Tonquelle tritt eine Phasenänderung $\Delta\varphi$ auf:

$$\Delta\varphi = \frac{360 \cdot l \cdot \Delta\nu}{c}. \tag{2}$$

Diese Phasenänderung der akustischen Schallwelle am Mikrophon bedingt eine Phasenänderung der Kompensationsspannung. Sie ist es also, die den Vektor der Kompensationsspannung bei Frequenzänderung dreht. Tabelle I zeigt das gute Übereinstimmen der theoretisch nach (2) berechneten und der experimentell gefundenen Werte. Bei einer Frequenzänderung von $^1/_{10}$ Hz wandert danach der Vektor der Kompensationsspannung

Tabelle 1

Phasenänderung $\Delta\varphi$ des Vektors der Kompensationsspannung bei Frequenzänderung $\Delta\nu$

$\Delta\nu$	$\Delta\varphi_{theor.}{}^0$	$\Delta\varphi_{exp.}{}^0$
1,69	31,0	32
3,08	57,0	60
3,96	73,0	76
4,24	78,5	83

um 2^0 oder nach Kompensatoreinheiten um 6 Teilstriche. Dies bedingt eine Änderung des Absorptionskoeffizienten a um $0{,}1 \to 6\%$ je nach der Größe und Lage des Impedanzvektors bei vorgegebenem harten Vektor. Da die Phasenänderung $\Delta\varphi$ direkt proportional der Länge des Meßrohres ist, und da bei höheren Frequenzen die nach der Bedingung $\beta \cdot l \geq 3$ notwendige Rohrlänge l abnimmt (bei tieferen Frequenzen zunimmt), so ändert sich der Einfluß der Frequenzänderung mit der Frequenz. Bei 1600 Hz ist er nur noch halb so groß, bei 100 Hz doppelt so groß wie bei der gemessenen Frequenz von 426 Hz.

Bei der Absorptionsmessung traten immer wieder Störungen auf, die durch die Versuchsperson verursacht waren. Diese Störungen konnten auf drei Ursachen zurückgeführt werden. 1. Auf die Wahl einer in den Gehörgang der Versuchsperson schlecht passenden oder auf fehlerhaftes Einführen einer gut passenden Olive. 2. Auf Verunreinigungen des Ohres (Ohrenschmalz, Fremdkörper). 3. Auf unzureichenden Gesundheitszustand der Versuchsperson. Um den Einfluß einer solchen Störung zu prüfen, wurden Versuche mit wohl definierten Störungsquellen ausgeführt. Die Meßergebnisse zeigten stark streuende Absorptionswerte. Außerdem wanderte bei der Messung der Nullabgleich um mehrere Kompensatorteilstriche hin und her, so daß ein Abgleich nur auf kurze Zeit möglich war. Waren die Störungen, die durch die Versuchsperson entstehen, erst einmal erkannt, so konnten sie meist beseitigt werden.

2. Ergebnisse der Absorptionsmessungen

Nach der oben genannten Methode wurden an 12 Personen, die alle als normalhörend zu bezeichnen waren, systematische Messungen durchgeführt. In den Abb. 2—4 sind die a- und ϑ-Kurven einiger Versuchspersonen angegeben. Als Abszissen sind die Frequenzen in Hz, als Ordinaten die Absorptionskoeffizienten a in Prozenten, bzw. die Phasensprünge ϑ, zwischen der auf das Trommelfell auffallenden Schallwelle und ihrem reflektierten Teil, in Winkelgraden aufgetragen.

Die eingezeichneten Meßpunkte beziehen sich in allen Abbildungen auf die linken Ohren, die zugehörigen Kurven sind ausgezogen. Der einzelne Meßpunkt ist ein Mittelwert aus 2 bis 3 an ein und demselben Tage aufgenommenen Meßwerten. Ein 2. und 3. Meßpunkt bei ein und derselben Frequenz ist auf dieselbe Art an einem 2. und 3. Tage gefunden. Die Kurven für die rechten Ohren, für die der Übersichtlichkeit halber Meßpunkte nicht eingetragen wurden, sind gestrichelt gezeichnet.

Bei den meisten Kurvenpaaren ist die Ähnlichkeit zwischen linkem und rechtem Ohr auffallend (siehe Abb. 2), doch treten auch Abweichungen von dieser Ähnlichkeit auf, wie es die Absorptionskurven der Abb. 3 zeigen. Von

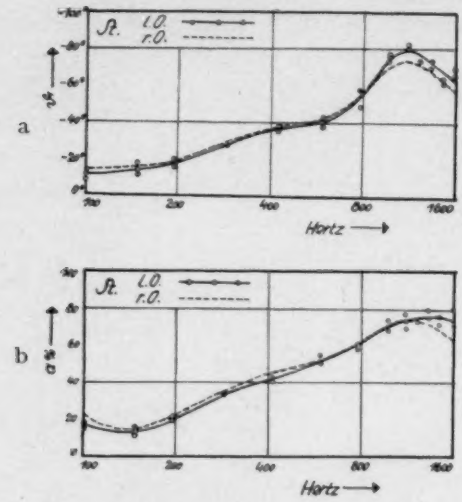

Abb. 2. a) Phasensprünge am Trommelfell der Versuchsperson *St*; b) Absorptionskoeffizienten des Trommelfelles der Versuchsperson *St*

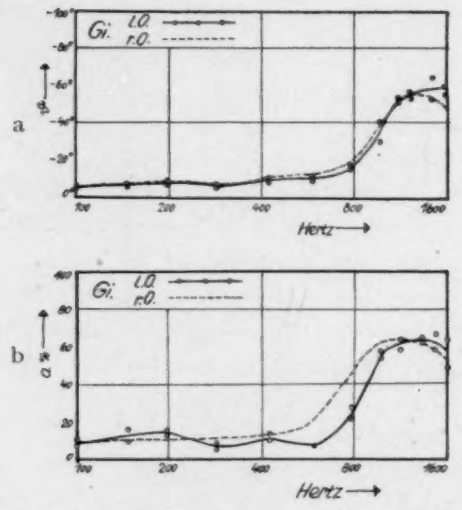

Abb. 3. a) Phasensprünge am Trommelfell der Versuchsperson *Gi*; b) Absorptionskoeffizienten des Trommelfelles der Versuchsperson *Gi*

400—1200 Hz liegt die Absorption des rechten Ohres um rund 15% höher als die des linken Ohres.

Bisher sprachen wir nur von der Ähnlichkeit der *a*- und *ϑ*-Kurven zwischen rechtem und linkem Ohr ein und derselben Versuchsperson. Vergleicht man aber einmal die Kurven der verschiedenen Versuchspersonen untereinander, so stellt man fest, daß im allgemeinen die Kurven von Person zu Person charakteristisch ver-

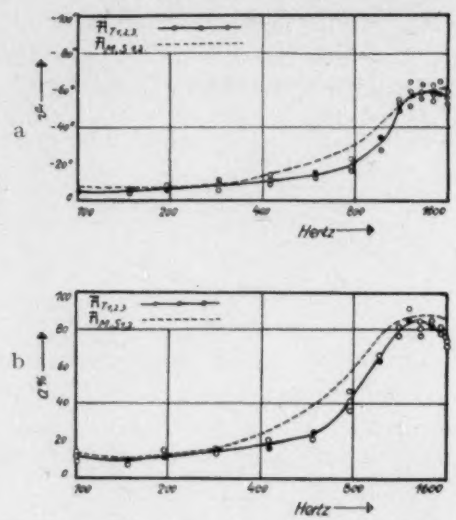

Abb. 4. a) Mittlere Kurve der Phasensprünge der 3 Versuchspersonen A_{T_1}; A_{T_2}; A_{T_3} und der 3 Versuchspersonen A_M; S_1; S_2; b) Mittlere Kurve der Absorptionskoeffizienten der 3 Versuchspersonen A_{T_1}; A_{T_2}; A_{T_3} und der 3 Versuchspersonen A_M; S_1; S_2

schieden sind. Bei der Untersuchung einer sechsköpfigen Familie aber zeigte es sich, daß die Mutter und die beiden Söhne einerseits und die drei Töchter andererseits unter sich sehr ähnliche *a*- und *ϑ*-Kurven besitzen. Mittelt man die für jede Person gefundenen Meßwerte für das linke und rechte Ohr und faßt die so gewonnenen Punkte für die drei Töchter in einer ersten Kurve, für die Mutter und die beiden Söhne in einer zweiten Kurve zusammen, so sieht man, daß die Werte nicht mehr streuen, als es des öfteren die Meßwerte für ein und dasselbe Ohr tun. In Abb. 4 sind neben den ausgezogenen Kurven für die drei Töchter, für die auch die einzelnen Meßpunkte gelten, die Kurven für die Mutter und die beiden Söhne gestrichelt eingezeichnet. Die Meßpunkte für die gestrichelten Kurven streuen nicht mehr wie die für die ausgezogenen Kurven. Wir haben es also hier offenbar mit einem neuen Beispiel von Familienähnlichkeit beim mensch

ichen Gehörorgan zu tun, das in die Reihe der von WAETZMANN gemachten Beobachtungen eingefügt werden kann[6]).

3. Ergebnisse der Empfindlichkeitsmessungen

Die Empfindlichkeitsmessungen wurden nach dem „Kammerverfahren" mit elektrodynamischem Telephon als Tonquelle durchgeführt[7]). In den Kurven sind als Abszissen die Frequenzen in Hz, als Ordinaten die Schwellendrucke in dyn/cm² angegeben, beides im logarithmischen Maßstab. Über die eingezeichneten Meßpunkte gilt dasselbe wie für die Meßpunkte der a- und ϑ-Kurven.

Es ist bekannt, daß die Empfindlichkeitskurven für die beiden Ohren ein und derselben Versuchsperson weitgehend ähnlich sind[6]). Dies bestätigen in besonders schöner Weise die Empfindlichkeitskurven der Versuchsperson A_M (Abb. 5). Auch bei der Versuchsperson A_{S_1} (Abb. 6) können die Empfindlichkeitskurven für das linke und rechte Ohr als ähnlich bezeichnet werden, aber schon hier treten meßbare Abweichungen auf. Noch größer sind diese Abweichungen zwischen den Kurven des linken und rechten Ohres der drei Versuchspersonen A_{T_2}; A^{T_3} und *Ktz* in den Abb. 7—9. Hier treten oft starke Maxima und Minima des einen Ohres auf, während die Kurve des anderen

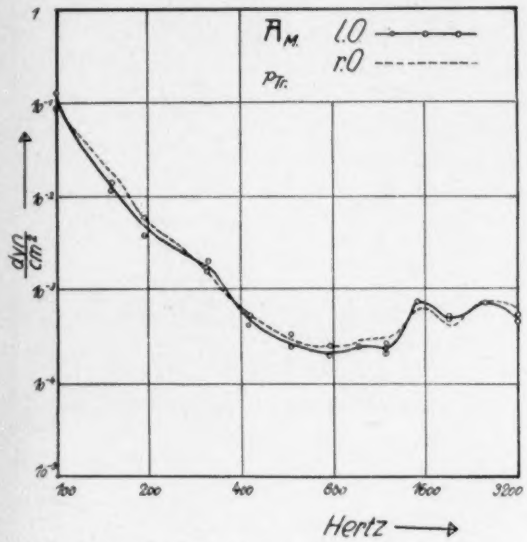

Abb. 5. Schwellendrucke am Trommelfell für die Versuchsperson A_M (56 Jahre)

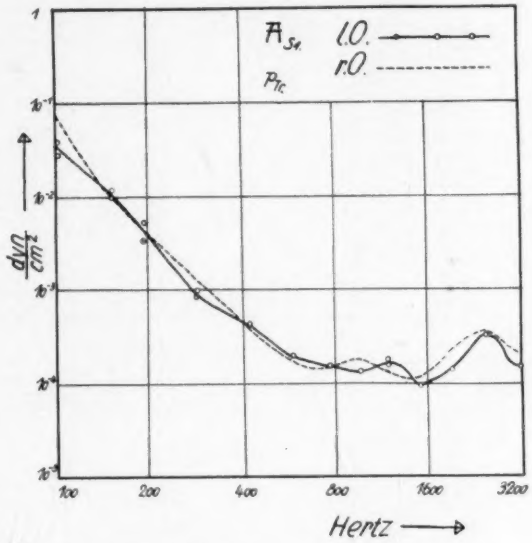

Abb. 6. Schwellendrucke am Trommelfell für die Versuchsperson A_{S_1} (26 Jahre)

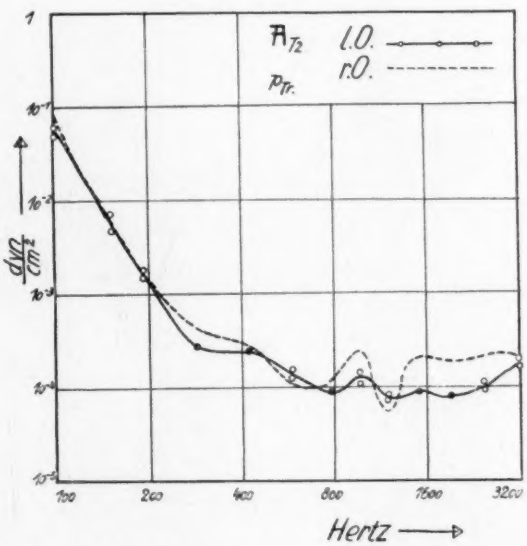

Abb. 7. Schwellendrucke am Trommelfell für die Versuchsperson A_{T_2} (21 Jahre)

[6]) E. WAETZMANN, Festschrift d. Techn. Hochschule (1935), S. 470 und Z. techn. Physik 12 (1936), S. 549.

[7]) Es sei darauf hingewiesen, daß die Messungen oberhalb von 1800 Hz nur relativ zu werten sind, da von dieser Frequenz an Resonanzerscheinungen in der Druckkammer die Messungen fälschen können.

Ohres fast ohne Schwankungen verläuft, oder die Extrema sind verschieden stark ausgeprägt und fast um 180° gegeneinander verschoben. Man könnte vermuten, daß diese außerordentlich unregelmäßigen Schwankungen Zufallsergebnisse sind oder sogar auf Meßfehlern beruhen. Demgegenüber muß aber ausdrücklich

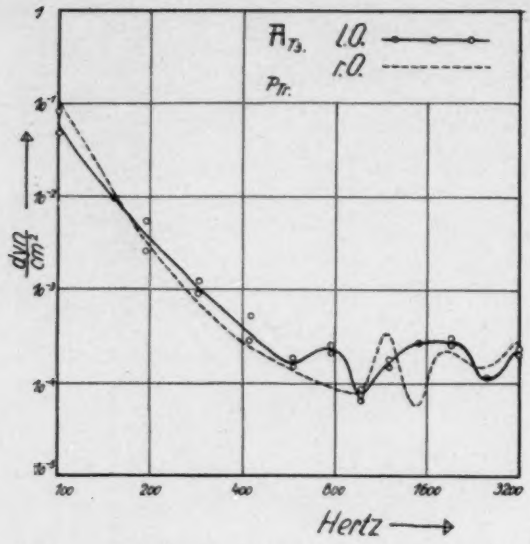

Abb. 8. Schwellendrucke am Trommelfell für die Versuchsperson A_{T_3} (19 Jahre)

betont werden, daß diese Schwankungen an verschiedenen Meßtagen reproduziert wurden. Unterschiede der Empfindlichkeit zwischen rechtem und linkem Ohr wurden sofort bei der Messung bemerkt und genau festgelegt. Bei der Versuchsperson *Ktz* (Abb. 9) wurde das Maximum für das linke Ohr bei 960 Hz sechs Wochen nach der ersten Messung noch einmal geprüft und als zurecht bestehend gefunden. Die neuen Meßwerte sind als Dreiecke eingetragen. Übrigens sei bemerkt, daß bei früheren Messungen bei der Versuchsperson *Kb*[8]) ein hervorspringendes Minimum bei etwa 1100 Hz nach Jahren wieder an derselben Stelle gefunden wurde.

Wie steht es nun mit der oben erwähnten Familie und der Ähnlichkeit ihrer Empfindlichkeitskurven untereinander? Die Kurven der

[8]) E. Waetzmann und L. Keibs, Akust. Z. 1 (1936), S. 8, Abb. 3.

beiden Söhne, von denen nur A_{S_1} in Abb. 3 wiedergegeben ist, sind durchaus als ähnlich zu bezeichnen. Die Empfindlichkeitskurven der Mutter weichen von etwa 800 Hz an nach geringeren Empfindlichkeiten zu ab. Dies kann als Alterserscheinung gedeutet werden. (Die Mutter ist 56 Jahre alt.) Die Empfindlichkeits-

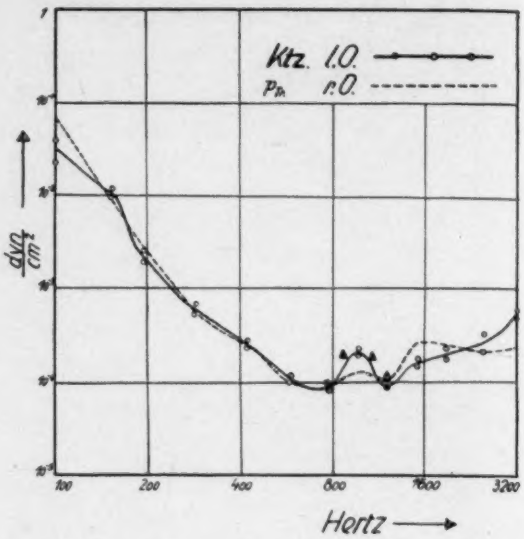

Abb. 9. Schwellendrucke am Trommelfell für die Versuchsperson *Ktz* (26 Jahre)

kurven der drei Töchter, von denen nur zwei A_{T_2} und A_{T_3} in Abb. 7 und 8 wiedergegeben sind, weichen voneinander mehr oder weniger ab, ebenso wie die Schwellendruckkurven der linken und rechten Ohren bei einer einzelnen Versuchsperson hier starke Abweichungen voneinander zeigen. Die Verhältnisse liegen also hier nicht so klar wie bei den a- und ϑ-Kurven.

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit unterzieht die Impedanzmessung nach dem Rohrverfahren einer eingehenden Prüfung. Die starke Abhängigkeit des Rohrverfahrens von einer auftretenden Frequenzänderung der Tonquelle, die als Effekt des langen Rohres bezeichnet werden kann, wird experimentell und theoretisch geklärt. Die Störungen, die durch die Versuchspersonen entstehen, werden auf ihre Ursachen zurückgeführt und weitgehend beseitigt. Im zweiten und

dritten Teil bringt die Arbeit einige Ergebnisse von Trommelfellimpedanz- und Ohrenempfindlichkeitsmessungen. Die bei früheren Messungen festgestellte Symmetrie zwischen linkem und rechtem Ohr für Schwellendruck-, a- und ϑ-Kurven wird an einigen Beispielen bestätigt. Es treten aber auch, besonders bei den Empfindlichkeitsmessungen bei einer Reihe von vollkommen normalhörenden Personen, Abweichungen von dieser Symmetrie zwischen rechtem und linkem Ohr auf, auf die schon WAETZMANN[9]) hingewiesen hat.

[9]) E. WAETZMANN, Festschrift d. Techn. Hochschule (1935), S. 470 und Z. techn. Physik 12 (1936), S. 549.

Bei den a- und ϑ-Kurven einer sechsköpfigen Familie besteht eine Ähnlichkeit 1. zwischen den beiden Söhnen und der Mutter, 2. zwischen den drei Töchtern. Bei den entsprechenden Schwellendruckkurven liegen die Verhältnisse nicht so klar.

Dem Institutsdirektor Herrn Professor DR. E. WAETZMANN bin ich für die Anregung zu der Arbeit und für seine wertvollen Ratschläge zu großem Dank verpflichtet. Den Damen und Herren, die sich für die Messungen zur Verfügung gestellt haben, besonders der Familie ANDRÉ, sei herzlichst gedankt.

(Eingegangen am 20. September 1937.)

Über ein neues Verfahren zur Ausmessung von Schallfeldern in Innenräumen vermittels eines kontinuierlichen Spektrums

Von Hans-Günther Freygang

Mitteilung aus dem Institut für Schwachstromtechnik an der Technischen Hochschule Dresden

(Mit 4 Textabbildungen)

Im Rahmen einer Diplomarbeit sollte untersucht werden, wie weit es möglich ist, ein Maß für den subjektiven Klangeindruck von Lautsprechern in Abhängigkeit von deren Frequenzgang zu erhalten. Die Untersuchungen verfolgten den Zweck, wenn möglich ein einfaches und leicht reproduzierbares Verfahren zu finden, das die Lautsprecher in ihren normalen Arbeitsbedingungen zu charakterisieren imstande ist.

Da die Mehrzahl aller Lautsprecher in Wohnräumen zur Aufstellung kommen, ist es zunächst nötig, den subjektiven Klangeindruck in Innenräumen auf objektive Größen zurückzuführen und damit die Prinzipien aufzustellen, nach denen eine Messung erfolgen kann.

In jedem Raume setzt sich der Schalleindruck zusammen aus dem direkten Schallstrahl und der Summe der reflektierten Energie. Die direkte Schallenergie nimmt umgekehrt mit dem Quadrat der Entfernung von der Quelle ab. Bei einer Quellenleistung von N Watt erhält man im Abstand d einen direkten Energiefluß:

$$E_d = \frac{N}{4\pi c d^2}. \tag{1}$$

Der Faktor 4π gilt für kugelsymmetrische Ausbreitung der Schallwellen. Die mittlere Energiedichte in einem allseits geschlossenen Raum beträgt nach W. Jäger:

$$E_m = \frac{4N}{Ac}. \tag{2}$$

Darin bedeutet c die Schallgeschwindigkeit in Luft, A ist die Gesamtabsorption des Raumes.

Über die Zusammensetzung des Schallfeldes an einer beliebigen Stelle im Raume gibt der Quotient E_d/E_m Aufschluß. Dabei soll unter den unendlich vielen Möglichkeiten der Stellung von Lautsprecher und Hörer zueinander der einen Mittelwert darstellende Fall herausgegriffen werden, daß der Abstand beider gleich der halben linearen Raumdimension ist ($d = \sqrt[3]{V}/2$). Dafür ergibt sich:

$$E_d/E_m = 1{,}28 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt[3]{V}/T. \tag{3}$$

Bei Annahme von Nachhallzeiten T, wie sie für Räume mit normalen akustischen Eigenschaften in Abhängigkeit von der Raumgröße V bekannt sind, ergibt sich folgende Tabelle:

Tabelle 1

Raumgröße V in m³	10	100	1000	10^4	10^5
Nachhallzeit T in sec	0,92	1	1,24	1,75	2,6
E_d/E_m	0,03	0,06	0,1	0,16	0,25

An diesem Ergebnis ändert auch die bekannte Tatsache der gerichteten Abstrahlung der höheren Frequenzen wenig. Wie eingehende Versuche erwiesen, ist die Konzentration der Energie um die Mittelnormale der Membran geringer, als daß sie den Quotient E_d/E_m außer in unmittelbarer Nähe der Schallquelle in die Größenordnung von 1 bringen kann.

In Räumen normaler Größe und Dämpfung ist also der vom Hörer aufgenommene Klangeindruck praktisch nur von der mittleren Energie des diffusen Schallfeldes bestimmt.

Diese Feststellung gewinnt ihre besondere Bedeutung durch die Tatsache, daß Absorption bzw. Nachhallzeit eines Raumes keine Konstanten, sondern mit der Frequenz veränderlich sind, daß also jeder Raum seinen eigenen Frequenzgang hat, der sich dem der Schallquelle multiplikativ überlagert. Ein Maß für den subjektiven Klangeindruck ist demnach offenbar in dem mittleren Energiegehalt des diffusen Schallfeldes zu suchen, worin als gleichwertige Faktoren der Frequenzgang des Lautsprechers und der des Raumes enthalten sind.

Für die Bestimmung der mittleren Schallenergie im Raume gelten im wesentlichen die in der Arbeit von E. Meyer und P. Just (Z. techn. Physik 10 (1929), S. 309) aufgestellten Grundsätze. Danach kann man jeden Raum — unter Beachtung gewisser Vorsichtsmaßnahmen — als akustische „Ulbrichtsche Kugel" auffassen, in der, abgesehen von der unmittelbaren Nähe der Quelle, überall dieselbe Energie im diffusen Schallfelde herrscht. Ihre Größe bestimmt sich aus der Gleichung (2). Diese gilt nur, solange die Absorption nicht zu groß wird. Es ist leicht einzusehen, daß bei größerer Dämpfung die konstante Energiedichte in eine solche Verteilung übergeht, daß der Schalldruck mit wachsender Entfernung von der Schallquelle, ähnlich wie im Freien, abnimmt. In der oben erwähnten Arbeit waren idealisierte Bedingungen vorhanden durch Verwendung ganz schwach gedämpfter Räume. Dieses Verfahren kann bei den vorliegenden Versuchen nicht angewendet werden, da ja gerade die Aufgabe verlangt, die Messungen unter denselben Umständen auszuführen, unter denen die Lautsprecher sonst arbeiten.

Über einen regelbaren Verstärker wurde dem Lautsprecher eine genau definierte Sinusspannung zugeführt. Die Messung des Schalldruckes erfolgte in bekannter Weise über ein geeichtes Mikrophon mit Röhrenvoltmeter. Entsprechend den Voraussetzungen für die „Ulbrichtsche Kugel" durfte dabei der Abstand von Lautsprecher und Mikrophon eine bestimmte Größe nicht unterschreiten, sonst wächst der Faktor E_d/E_m in unzulässiger Weise. Die Durchführung der Messungen litt zunächst unter den bekannten Beeinträchtigungen aller Innenraummessungen durch stehende Wellen. Auch die Verwendung von Heultönen (Grundfrequenz moduliert um $\Delta f = 7\%$ mit $f_{mod} = 15$ Hz) konnte diese Schwierigkeiten nur unbefriedigend mildern, zumal die Versuchsräume bestimmungsgemäß klein bleiben mußten, wodurch eine Ausbildung stehender Wellen wieder gefördert wird.

Auf Vorschlag von Herrn Dipl.-Ing. von Wittern[1]) wurde daraufhin der Heulton durch ein kontinuierliches (Rausch-) Spektrum ersetzt.

Zu diesem Zwecke wurde folgende Anordnung getroffen: Ein Generator liefert ein möglichst kontinuierliches Rauschen, das von einem veränderlichen Filter in kleine Bereiche unterteilt wird. Jeweils ein solcher Bereich wird auf den Lautsprecher gegeben, dessen Schallabgabe dann in gewohnter Weise gemessen wird. Prinzipiell könnte das Sieb auch auf die Meßseite — etwa hinter den Mikrophonverstärker treten. In Anbetracht dessen, daß eine geeichte Meßanordnung bereits vorlag, wurde der erste Weg vorgezogen. Ein brauchbarer Rauschgenerator wurde in dem — außerordentlich hoch verstärkten — Röhrenrauschen einer normalen Verstärkerröhre gefunden. Als Filter diente ein $^1/_3$-Oktavsieb[2]), das einen Umfang von 32—40 Hz (Bereich 1), bis 4000—5000 Hz (Bereich 22) hat. Darauf folgte der Endverstärker mit den Lautsprechern.

Einiges Kopfzerbrechen verursachte die Messung der Rauschspannung. In der Regel benutzt man bei der Anzeige von Spannungen

[1]) Nach Beendigung meiner Arbeit erhielt ich Kenntnis von einer ähnlichen Untersuchung: H. Thiede, Schallvorgänge mit kontinuierlichem Frequenzspektrum, Elektr. Nachr.-Techn. 13 (1936), S. 84.

[2]) Vgl. Freystedt, Z. techn. Physik 16 (1935), S. 12.

unbekannter Kurvenform nur quadratisch arbeitende Instrumente. Beim Vergleich des in der Apparatur bereits vorhandenen linearen Gleichrichterinstrumentes mit einem quadratisch arbeitenden Röhrenvoltmeter zeigte sich jedoch eine genaue Proportionalität (nicht Identität!) der angezeigten Spannungen. Ebenso war keine Änderung dieses Verhaltens beim Übergang von den schmaleren auf die breiteren Kanäle zu bemerken. Offenbar werden die Erscheinungen, die beim Vorhandensein von nur 2 oder 3 Frequenzen zu einer Falschanzeige im nichtquadratischen Instrument führen, beim Geräusch durch die sehr große Anzahl an Einzelfrequenzen und deren stets wechselnde Phasenlage untereinander ausgeglichen. Außerdem wurden mit dem Instrument keine Absolutmessungen angestellt. Dasselbe Instrument diente abwechselnd zur Konstanthaltung der Eingangsspannung des Kraftverstärkers und zum Messen der vom Mikrophon abgegebenen Spannungen.

Es liegt in der Natur der kontinuierlichen Geräusche, daß durch die absolute Unregelmäßigkeit der Anstöße bald dieser, bald jener Frequenz die Anzeige durch Bildung von Schwebungen stark schwankt. Sie schwankt um so mehr, je geringer die absolute Breite des erfaßten Bereiches und je geringer die Trägheit des Anzeigeinstrumentes ist. Das macht sich recht unangenehm bemerkbar in den schmalen unteren Bereichen des Siebes, die nur eine Breite von einigen Hertz besitzen. In den oberen Bereichen von einigen Hundert Hertz Breite steht der Zeiger des Spannungsmessers fast vollkommen ruhig. Durch Wahl eines Instrumentes von größerer Eigenschwingungsdauer, beispielsweise $^1/_{10}$ Hz, kann dieser Übelstand beseitigt werden. Man muß dann eine längere Einstellzeit in Kauf nehmen. Die Aufzeichnung der für die einzelnen Frequenzbereiche ermittelten Spannungen erfolgt jeweils bei der mittleren Frequenz, also beispielsweise für den Bereich 320—400 Hz bei 360 Hz.

Die Ergebnisse mit diesem Verfahren waren recht befriedigend. In dem kleinen Versuchsraum von etwa 50 m³ Inhalt, in dem voraussetzungsgemäß die Messungen durchgeführt wurden, konnten stehende Wellen nicht mehr nachgewiesen werden, auch nicht für Wellenlängen von der Größenordnung der Raumdimensionen. Ebenso war die Gleichförmigkeit der Energieverteilung in dem durch verschiedene Möbelstücke und Friesbehänge sehr ungleichmäßig gedämpften Raum überraschend. Die Leistungsfähigkeit des Verfahrens wurde durch eine den eigentlichen Messungen vor-

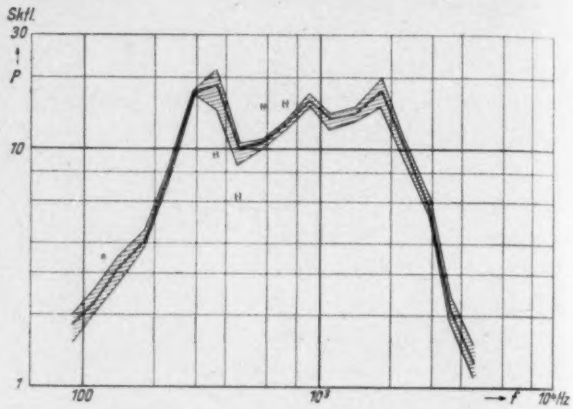

Abb. 1. Schalldruckmessung an einem Lautsprecher im Versuchsraum bei sechs verschiedenen Stellungen von Lautsprecher und Mikrophon. Mittelwertskurve und Streubereich

ausgehende Versuchsreihe belegt. Von einem Lautsprecher wurden 6 verschiedene Meßreihen aufgenommen, bei denen jedesmal die Stellung von Mikrophon und Lautsprecher geändert wurde, sowohl in bezug aufeinander als auf den Raum. Der Frequenzgang der Anordnungen wurde in Skalenteilen Schalldruck ermittelt. Abb. 1 zeigt das Ergebnis. In Abhängigkeit von der Frequenz wurden die einzelnen Meßpunkte aufgetragen und die Mittelwertskurve eingezeichnet. Abgesehen von einigen wenigen gröberen Abweichungen, die wohl auf eine Fehlmessung zurückzuführen sein dürften, zeigen diese einen Durchschnitt von 6,1%. Das ist ein für akustische Messungen recht brauchbares Ergebnis. Für Untersuchungen in weniger und gleichmäßiger gedämpften Räumen dürfte sich die erzielte Genauigkeit noch weiter steigern lassen.

Der Vorzug bei der Verwendung des natürlichen Geräusches liegt weniger in der verhält-

nismäßig großen Breite des ausgestrahlten Spektrums. Vielmehr bewirkt die vollständige Unregelmäßigkeit im Anstoßen der einzelnen Frequenzen, daß nie ein von der Quelle aus-

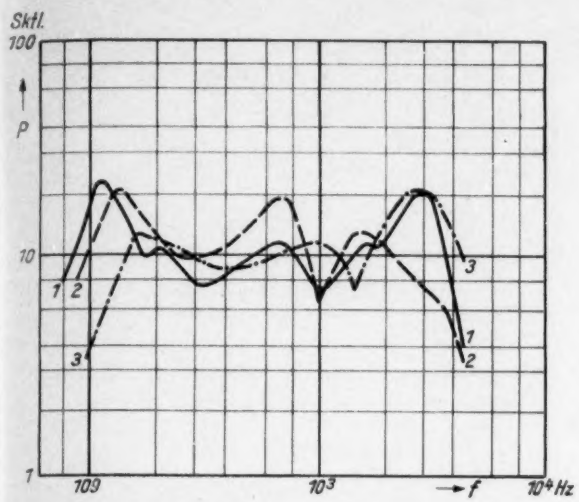

Abb. 2. Gesamtschalldruck verschiedener Lautsprecher, gemessen mit Geräuschspektrum im Versuchsraum

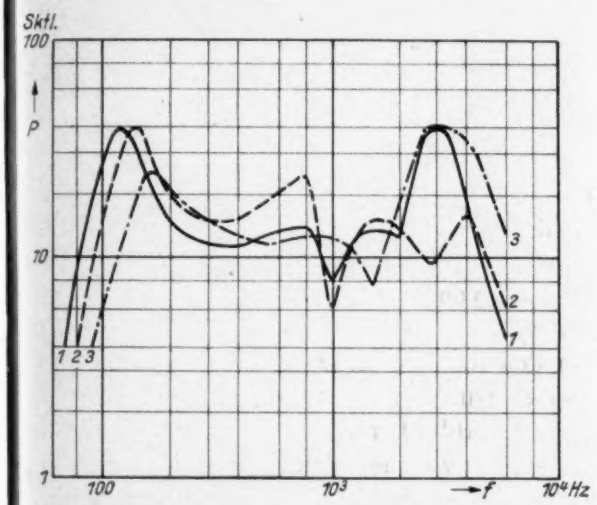

Abb. 3. Mittlerer Schalldruck verschiedener Lautsprecher, gemessen im Freien auf einer Kugelfläche von 50 cm Durchmesser

gehender mit einem von der Wand zurückkehrenden Wellenzug nach Frequenz und Phasenlage übereinstimmt. Die zur Bildung von stehenden Wellen nötigen kohärenten Wellenzüge einer bestimmten Frequenz sind nicht vorhanden.

Die nach diesem Verfahren aufgenommenen Kurven des mittleren im Raume herrschenden Schalldruckes von 3 verschiedenen Lautsprechern zeigt die Abb. 2. Anfänglich bestand die Befürchtung, daß der relativ große Abstand der Meßpunkte die Genauigkeit der Kurven beeinträchtige. Das ist nicht der Fall. Da das Ohr die feinen Maximal- und Minimalstellen im Verlaufe der Frequenzkurve nicht hört, ist auch ihre Kenntnis für die meisten Zwecke unwichtig.

Mitunter ist es wünschenswert, den Einfluß des Raumes von dem der Schallquelle zu trennen, um die absolute Gesamtenergiestrahlung beispielsweise eines Lautsprechers zu bestimmen. Da beide über die Gleichung (2) $N = EAc/4$ zusammenhängen, ist die Kenntnis der Absorption des Raumes in Abhängigkeit von der Frequenz dazu nötig. Sie errechnet sich bekanntlich nach der Gleichung

$$0{,}161\,V = A\,T\,, \tag{4}$$

wobei T die Nachhallzeit für 60 db Inten-

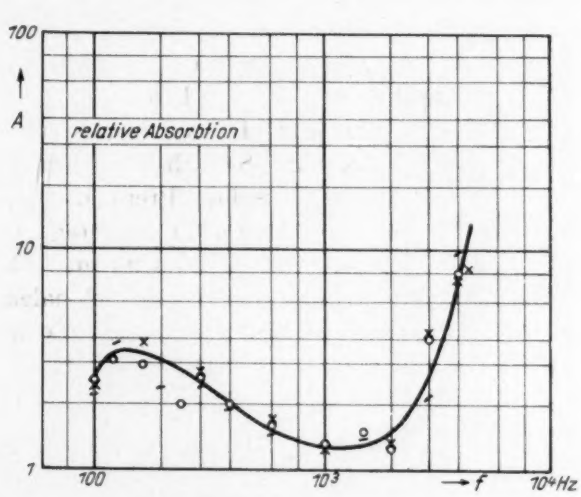

Abb. 4. Relativer Frequenzgang der Absorption des Versuchsraumes, dargestellt aus den Schalldruckmessungen von Lautsprechern im Freien und im Raume

sitätsabfall ist. Hier wurde der andere Weg vermittels eines geeichten Lautsprechers eingeschlagen. Nach dem bekannten, etwas langwierigen und umständlichen Verfahren der punktweisen Ausmessung wurde das Schallfeld jedes der drei Lautsprecher im Freien ausgemessen und dann die mittlere emittierte Gesamtenergie bzw. analog der gemittelte

Schalldruck gebildet. Werden jetzt die im Raum gefundenen Schalldruckkurven (= Frequenzgang des Lautsprechers / $\sqrt{\text{Absorption}}$ des Raumes) von den im Freien gefundenen (nur Frequenzgang des Lautsprechers) logarithmisch subtrahiert, so ergibt sich in Abhängigkeit von der Frequenz eine Kurve, die ein Maß für die Absorption des betreffenden Versuchsraumes ist. Abb. 3 zeigt die im Freien gefundenen Frequenzgänge der 3 Lautsprecher. Abb. 4 zeigt die relative Absorptionskennlinie des Versuchsraumes. Ihre absolute Bestimmung war nicht mehr möglich, da die Aufnahme von p_{frei} seinerzeit in willkürlichem Maßstabe erfolgt war. Die recht gute Übereinstimmung der aus den Messungen von drei verschiedenen Lautsprechern erhaltenen Punkte dieser Kurve sind ein weiterer Beleg für die Brauchbarkeit des angegebenen Verfahrens. Die Kenntnis der spezifischen Absorptionskennlinie eines Raumes — sie entspricht übrigens der Kugelkonstanten der „Ulbrichtschen Kugel" — gestattet es, durch Vergleich mit dem im Raume gefundenen Frequenzgang den absoluten Frequenzgang einer Schallquelle anzugeben.

(Eingegangen am 27. September 1937.)

Über die Schallgefäße der griechischen Tragödie und der christlichen Kirchen

Von P. Thielscher

Die Schallgefäße der Antike, die besonders durch Vitruv bekannt geworden sind, haben umfangreiche Erörterungen und auch viele Zweifel (z. B. schon bei Athanasius Kircher) ausgelöst. Im folgenden Beitrag wird von philologischer Seite dazu Stellung genommen und dargelegt, daß den Gefäßen wohl eine tatsächliche Existenz zuzusprechen ist. Vom physikalischen Standpunkt aus stellen die Gefäße Luftresonatoren dar, und es entsteht die Frage, welchem Zweck sie wohl gedient haben können. Sie waren im Zuschauerraum aufgestellt und dort in kleinen, einseitig offenen Hallkammern untergebracht. Durch den auftreffenden Schall können sie zum Mittönen kommen, sie verschlucken dadurch einen Teil der Energie, ein anderer Teil wird jedoch wieder abgestrahlt, und zwar mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung. Da die in Betracht kommenden Theater der Antike Freilichttheater, also recht nachhallfrei waren, möchte man vermuten, daß nur das Nachklingen beabsichtigt war. Ob freilich dazu die auftreffende Energie hinreichte, um merkliche Effekte zu erzielen, muß sehr dahingestellt bleiben, wenngleich man auch noch an das stärker nachklingende Mitschwingen der Gefäßwände selbst denken könnte. Ebenso ist in dieser Deutung die uns überlieferte genaue Abstimmung der Gefäße nicht recht verständlich, hierzu läge die Annahme einer unmittelbaren Erregung durch Anschlagen od. dgl. näher.

Für eine akustische Verwendung der Gefäße in den alten christlichen Kirchen kommt nur der erste Gesichtspunkt, die Energieschluckung, in Frage, um den Nachhall, der ja in einem geschlossenen großen Raum mit gut reflektierenden Wänden sehr stark ist, zu verringern; man kann durch solche Resonatoren in der Tat die Nachhallzeit verkürzen, aber auch hier entsteht die Frage, ob die wenigen in der Vierung unterhalb des Daches eingemauerten Gefäße eine nennenswerte Wirkung hervorrufen konnten.

Wie auch die physikalische Deutung im einzelnen sei, die im nachstehenden Aufsatz gegebene Zusammenstellung wird sicherlich vom akustischen Standpunkt interessieren.

Schriftl.

Über die Schallgefäße der griechischen Tragödie spricht von den antiken Autoren am ausführlichsten Vitruv. Im allgemeinen steht man der Sache ablehnend gegenüber und möchte am liebsten Vitruv, jedenfalls in diesem Punkte, für einen Schwindler halten. So schreibt Franz Reber in seiner Vitruvübersetzung auf Seite 147 in einer Anmerkung:

„Von den berüchtigten Schallgefäßen des Vitruv haben sich in den antiken Theatern zur Zeit noch keine Spuren gefunden. Auch werden sie in der alten Literatur nur von dem anonymen Verfasser *De fabularum ludorum theatrorum scenarum ac scenicorum antiqua consuetudine* erwähnt."

Schon bei seinen Zeitgenossen hat Vitruv Mißtrauen gegen seine Schallgefäße zu überwinden gehabt. Das schließe ich aus folgender Schlußbemerkung, die Vitruv V 5, 7—8 seiner Darstellung der Lehre von den Schallgefäßen angehängt hat:

„Vielleicht wird man sagen: ‚Es sind viele Theater Jahr für Jahr in Rom gebaut worden, und man hat gar keine Rücksicht auf diese Dinge dabei genommen!' — Aber man irrt in einem Punkte: Alle öffentlichen hölzernen Theater haben mehrere Holzflächen, die notwendigerweise mittönen (resonieren).

Das (gemeint ist: das Mittönen von Holzflächen) kann man auch bei den Kitharöden beobachten, die, wenn sie lauter musizieren wollen, sich vom Publikum ab- und den Türen hinten an der Bühnenwand zuwenden und so mit Hilfe der Türen eine Resonanz (Verstärkung des Tones) für ihre Musik gewinnen.

Wenn man aber Theater aus dauerhaften Baustoffen baut, d. h. aus Bruchstein-Kalkbeton, aus Natursteinquadern oder aus Marmor, die keine Resonanz geben können, dann muß

man mit den *ἠχεῖα* diese Wirkungen hervorbringen.

Wenn man aber fragt, in welchem Theater diese Gefäße angebracht sind, so kann ich in Rom keins zeigen, wohl aber in Italien in den Landschaften und in mehreren Städten Griechenlands. Ich habe sogar einen Zeugen, den Lucius Mummius, der nach der Zerstörung des Theaters in Korinth diese Bronzegefäße nach Rom bringen und im Tempel der Luna als Weihgeschenke „aus der Beute" aufstellen ließ.

Viele findige Baumeister, die in Kleinstädten Theater gebaut haben, haben aus Mangel an Geldmitteln mit Tongefäßen, die sie so aussuchten, daß sie entsprechend klangen, sehr gute Erfolge erzielt."

Das Wort „Schallgefäße" gehört dem Übersetzungsdeutschen an, und man sucht es in den deutschen Wörterbüchern vergeblich. Für die christlichen Kirchen sagt man dafür auch „Schalltöpfe". Es ist offenbar eine Übersetzung des von Vitruv aus dem Griechischen übernommenen Fachausdruckes *ἠχεῖα*, wofür Vitruv keine lateinische Übersetzung gewagt hat. Dieser griechische Ausdruck bezeichnet die Gefäße nach ihrem akustischen Zwecke.

Was den Zweck dieser Schallgefäße anbelangt, so hat sich Vitruv jedenfalls eine Verstärkung des Tones durch Resonanz davon versprochen; es sind für ihn also Resonatoren. Vitruv vermittelt uns das Wissen seiner Zeit, und er schöpft gewöhnlich aus griechischen Quellen. Im vorliegenden Falle gibt er an, daß er aus Aristoxenos von Tarent übersetze, d. h. aus Werken der Schule des Aristoteles im dritten vorchristlichen Jahrhundert. Von Aristoxenos haben wir nur drei Bücher von angeblich 453, und Vitruvs Vorlage ist nicht unter dem Erhaltenen; aber was Vitruv bringt, klingt oft an Stellen des zufällig von Aristoxenos Erhaltenen an.

In Rom hat man in älterer Zeit nur hölzerne Theater gekannt; das erste steinerne, das Vitruv dort noch erlebt hat, das des Pompejus, ist 55 v. Chr. erbaut. Da habe man (nach Vitruv) keine Schallgefäße gebraucht. Die Bühne des steinernen Pompejustheaters wird wie alle antiken Bühnen nach rückwärts drei Holztüren gehabt haben; die mögen (nach Vitruv) die Kitharöden als Resonatoren benutzt haben.

Reber, dessen feindselige Anmerkung ich angeführt habe, irrt, wenn er meint, daß außer Vitruv kein antiker Schriftsteller etwas von Schallgefäßen der antiken Tragödie wisse. Ich führe die mir bekanntgewordenen Stellen hier nur rasch an und behalte mir ihre philologische Behandlung für eine andere Veröffentlichung vor.

Kallimachos, Fragment 98c Schneider (bei Pfeifer Fragment 10, 13 S. 70) lautet in der m. E. richtigen Form und Interpunktion:

ἤ τις τραγῳδὸς μοῦσα ληκυθίζουσα;

„Oder eine tragische, schallgefäßende Muse?"

Das ist das zweite Glied einer Doppelfrage (man verzeihe mir die kühne sprachliche Neubildung „schallgefäßend" — es ist sicher auch eine Neubildung des Kallimachos, wenn er ein Verb *ληκυθίζειν* gebildet hat).

Die Stelle lehrt nicht mehr und nicht weniger, als daß der griechische Name der Schallgefäße, der ihre Form bezeichnete, *λήκυθος* war (denn der Name *ἠχεῖα* bezeichnet ja nur die Funktion der Gefäße).

Die Kallimachosstelle ist, wie uns der antike Horazkommentator Porphyrio meldet, von Horaz nachgebildet worden, und zwar lautet die Stelle Hor. epist. I 3, 14:

an tragica desaevit et ampullatur in arte?

„Oder rast und schallgefäßt er in tragischer Kunst?"

Das ist wieder das zweite Glied einer Doppelfrage, und wieder kommen die Schallgefäße als Charakteristikum der Tragödie vor. Horaz hat das griechische Verb *ληκυθίζειν* durch das lateinische *ampullari* wiedergegeben.

An einer zweiten Horazstelle, in seiner Poetik 97, finden wir als Übersetzung der griechischen *λήκυθοι* lateinische *ampullae*. Horaz will an dieser Stelle sagen, daß der tragische Dichter in einer Tragödie manchmal auf den eigentlichen tragischen Stil verzichtet:

proicit ampullas et sesquipedalia verba.

„Er wirft die Schallgefäße hin und die anderthalb Fuß langen Wörter."

An dieser Stelle fußt Horaz ganz auf den Fröschen des Aristophanes. Denn dort verspottet Euripides den Aischylos wegen seiner Wortungetüme, indem er Vers 966 zwei je acht Silben lange Worte anführt, die zusammen einen ganzen jambischen Tetrameter füllen. Und Aischylos verspottet den Euripides mit der Lekythos oder dem Lekythion, das in die zweite Hälfte eines Verses jedes der euripideischen Prologe passe wie die Faust aufs Auge.

Die Lekythos gehört also zur Tragödie.

In der Rhetorik bezeichnet das Wort Lekythos eine rührselige Stelle; aber darauf gehe ich hier nicht ein. Ich bemerke nur, daß die Rhetorik damit eine Anleihe aus dem Sprachgebrauch der Tragödie gemacht hat.

Indem ich zur Tragödie zurückkehre, füge ich noch eine wichtige Stelle an. Wir lesen in den Scholia A zu Hephaestionis Enchiridion, ed. Max. Consbruch, Lps. 1906, S. 122:

„. . . oder wegen des tragischen Bombos. Ein Bombos entsteht nämlich in der Nachbarschaft des Schallgefäßes, wenn die Luft, die innerhalb des Schallgefäßes rings von seinen Wänden eingeschlossen ist, in Schwingungen gerät, entweder durch das Singen eines Menschen oder durch eine andere Ursache."

Wenn ich den griechischen Text richtig verstanden und übersetzt habe, so werden wir hier mit dem Begriffe des spezifisch-tragischen Schalles, des Bombos, bekannt gemacht. Er wird durch die Lekythos hervorgebracht, denn die angeführte Stelle soll erklären, warum ein bestimmter Vers der lekythische genannt werde. Bombos ist ein auch sonst im Griechischen übliches Wort; es ist offenbar lautmalend und vermittelt uns eine Vorstellung von der Wirkung, die man durch die tragischen Schallgefäße erzielte.

Aristoxenos, das Vorbild Vitruvs, führte uns in die Schule des Aristoteles. In dieselbe peripatetische Gegend führen uns Stellen der Problemata, die uns unter dem Namen des Aristoteles erhalten sind. Die wichtigste Stelle, die auf das Theater unmittelbar Bezug zu nehmen scheint, ist folgende:

Aristoteles, Problemata XI 25, S. 901b 30—35: „Wenn man die Orchestra mit Spreu bestreut, warum hört man dann die Chöre weniger weit? — Wird vielleicht wegen der Rauheit des Bodens die Stimme, wenn sie nicht mehr gegen den glatten Boden stößt, weniger zusammengehalten und daher schwächer? Sie ist nämlich nicht mehr zu einer Einheit zusammengefaßt, wie auch das Licht von glatten Körpern mehr reflektiert wird, weil es nicht von Hindernissen verschluckt wird."

Ähnliches lesen wir bei Plinius, Naturgeschichte XI 270:

„Wunderbare Dinge sind außerdem von der Stimme zu sagen. Im Theater in der Orchestra, wenn man da Sägemehl oder Sand streut, wird die Stimme verschlungen; ebenso, wenn die Wände ringsherum rauh sind; auch von leeren Fässern."

Vitruvius, um zu ihm zurückzukehren, weist den Architekten darauf hin, daß er drei Punkte zu beachten habe, um in einem Theater eine gute Akustik zu erzielen: die richtige Wahl des Ortes, die richtige Anordnung der Bauteile, insbesondere der Sitzstufen, und die Anbringung von Schallgefäßen in den Sitzstufen. Man muß sich darüber klar sein, daß uns hier bei Vitruv nur ein Handbuch vorliegt, das seinem Charakter nach nur knappgehaltene Vorschriften bieten kann, und daß uns die Theorien der griechischen Baumeister und ihre von Geschlecht zu Geschlecht mündlich weitergegebenen Erfahrungen aus der Praxis verloren sind.

I. Wahl des Ortes

Vitr. V 3, 5: „Auch muß man sorgfältig darauf achten, daß man nicht etwa an dem Platze nichts hören kann, sondern daß sich dort die Stimme so klar wie möglich entfalten kann. Das wird aber dann möglich sein, wenn man einen Platz wählt, wo die Stimme nicht auf Hindernisse trifft, die Widerhall erzeugen."

Vitr. V 8, 1—2: „Wenn alle diese Dinge mit größter Sorgfalt und Geschicklichkeit ins Werk gesetzt sind, muß ferner auch noch sehr sorgfältig darauf geachtet werden, daß ein Bau-

platz gewählt wird, wo sich die Stimme sanft anschmiegt und wo sie nicht zurückgestoßen wird und wieder rückwärts geht, so daß sie den Ohren Laute übermittelt, deren Sinn ungewiß ist. Es gibt nämlich manche Orte, die wegen ihrer natürlichen Beschaffenheit den Weg der Stimme hindern, wie z. B. 1. die Stellen mit fallendem Echo, die griechisch *κατηχοῦντες* heißen, 2. die Stellen mit ringförmigem Echo, die griechisch *περιηχοῦντες* heißen, 3. die Stellen mit zurückkehrendem Echo, die *ἀντηχοῦντες* genannt werden, und 4. die Stellen mit gleichklingendem Echo, die sie *συνηχοῦντες* nennen.

1. Stellen mit fallendem Echo sind diejenigen, wo der Klang des ersten Wortes, wenn er in die Höhe emporgestiegen ist, oben gegen etwas Festes stößt und zurückgeworfen wird und, wenn er wieder abwärts nach unten in die Tiefe gelangt ist, das Emporsteigen des zweiten Wortes hindert.

2. Stellen mit ringförmigem Echo aber sind solche, wo die Stimme, die sich ringsherum verbreitet, nach der Mitte zu zusammengedrängt wird, so daß sie sich im Mittelpunkte auflöst, wobei die Flexions-Endungen am Wortende nicht erklingen können, wo sie erlischt, so daß der Sinn der Worte ungewiß bleibt.

3. Widerhallend aber sind die Stellen, wo die Stimme, wenn sie nach der Berührung mit einem festen Gegenstande umkehrt, ein Echo erzeugt, so daß sie für das Gehör die Kasus-Endungen am Wortende verdoppelt.

4. Desgleichen sind mitklingende Stellen diejenigen, wo die Stimme, von unten unterstützt, daher verstärkt emporsteigend, zum Ohre mit deutlicher Klarheit der Worte emporbringt."

Vitruv hat hier offenbar ein griechisches Lehrbuch vor Augen gehabt, das sich nicht lediglich mit dem Bau von Freiluft*theatern* beschäftigte. Die hier kurz von Vitruv vorgetragenen Lehren pflegen, was beispielsweise den ersten Punkt anbelangt, beim Kirchenbau noch heutzutage berücksichtigt zu werden, wenn man über der Kanzel den herkömmlichen Schalldeckel anbringt.

Daß der Schalldeckel keine eigene Erfindung der christlichen Kirchenbaukunst ist, sondern der antiken Baukunst entlehnt sein muß, beweist m. E. eine vereinzelte Vorschrift bei Vitruv V 2, 2 über die Anlage von Rathaussälen, in denen man Schallgesimse anzubringen habe: „Außerdem (abgesehen von der richtigen Gestaltung des Verhältnisses in den Maßen der Länge, Breite und Höhe des Saales) sind die Wände in ihrer Mitte mit Gesimsen aus eingelegter Holzarbeit oder aus Stuck in halber Höhe zu umgeben. Wenn die Gesimse nämlich nicht da sind, wird die Stimme der Sprechenden in die Höhe steigen und den Hörenden nicht verständlich sein. Wenn die Wände aber mit Gesimsen umgeben sind, wird die Stimme von den unteren Flächen der Gesimse aufgehalten, bevor sie in die Höhe steigt und sich dort zerstreut, und so dem Ohre vernehmlich werden."

Und daß ferner die antike Theorie, von der Vitruv hier einen Auszug gibt, die Bedeutung des Fußbodens für die Verstärkung des Schalles stark in Rechnung gestellt hat, zeigen zwei istrische Funde. Nämlich in Pola wie in Narona liegt vor der Rednerbühne unter dem Pflaster des Forums je ein ausgedehntes Lager von leeren, mit einem Deckel verschlossenen großen Tonamphoren in drei Schichten waagerecht übereinander, deren akustischen Zweck bereits der Entdecker des Lagers in Pola, Anton Gnirs, erkannt hat. Gnirs hat aber nicht gesehen, daß der Befund in Pola und in Narona genau zu Aristoteles, Problemata XI 8, S. 899 b 25—30 stimmt: „Wie kommt es, daß, wenn man ein großes Tonfaß und kleinere Tongefäße leer eingräbt und mit einem Deckel verschließt, die Räume stärker hallen, auch, wenn ein Brunnen oder eine Zisterne im Hause ist?"

Die Schalldeckel der christlichen Kirchen ebenso wie die Schallgesimse der Rathäuser des Vitruv entsprechen genau der Theorie von der schädlichen Wirkung des fallenden Echos, während die verschlossenen, unter dem Boden eingegrabenen Tongefäße bei Aristoteles sowie in Pola und Narona die antike Lehre von der förderlichen Wirkung von Fußböden erläutern, die Vitruvs griechische Quelle als *συνηχοῦντες* bezeichnet.

II. Bau der Sitzstufen

Vitr. V 3, 6—7: „Die Stimme aber ist eine fortschreitende Bewegung der Luft, die infolge eines Stoßes dem Ohre wahrnehmbar wird. Sie schreitet in unendlich vielen runden Kreisen fort, wie wenn durch einen Steinwurf in stehendes Wasser unzählige Wellenkreise entstehen, die vom Mittelpunkte aus so weit hinaus wie möglich immer größer werden und fortschreiten, falls keine Einengung des Raumes sie stört oder irgendein anderes Hindernis, was (beides) verhindert, daß die Kreislinien dieser Wellen ihr natürliches Ende finden. Wenn sie also durch Hindernisse gestört werden, fluten die ersten zurück und stören die Linien der folgenden. In derselben Weise macht die Stimme ebenso Kreisbewegungen, aber im Wasser bewegen sich die Kreise in einer Horizontalebene; die Stimme breitet sich horizontal aus und steigt vertikal in Stufen empor. Wenn also wie im Wasser in den Kreislinien der Wellen so auch bei der Stimme kein Hindernis die erste Welle stört, dann stört sie nicht die zweite und auch nicht die folgenden, sondern sie dringen alle ohne Widerhall bis zu den Ohren der untersten wie der obersten Hörer. Daher haben die alten Baumeister, den Spuren der Natur folgend, auf Grund ihrer Forschungen über das Emporsteigen der Stimme die Sitzstufen der Theater gebaut usw."

Wie die Stufen zu bauen und die sog. *praecinctiones*, griech. *διαζώματα*, zu machen sind, darüber hören wir Genaueres an folgender Stelle:

Vitr. V 3, 4: „Die Präzinktionen sind der Höhe des Theaters entsprechend zu gestalten, und zwar nicht höher, als die Breite des Ganges der Präzinktion beträgt. Wenn sie nämlich zu hoch sind, dann werfen sie in ihrem oberen Teile die Stimme zurück und aus dem Theater hinaus und lassen auf den Sitzen, die oberhalb der Präzinktionen sind, nicht die Flexionsendungen der Worte klar verständlich an das Ohr gelangen. Und man muß im allgemeinen so vorgehen, daß, wenn man einen Faden an die unterste und an die oberste Stufe angespannt anlegt, er alle Ecken und Winkel der Stufen berührt: so wird die Stimme nicht behindert werden."

Diesen Vorschriften entspricht das griechische Theater in Epidauros, dessen Akustik sprichwörtlich ist (um das bekannteste Beispiel zu wählen), dagegen widerstreitet diesen Vorschriften der Sitzraum des wohlerhaltenen römischen Theaters in Dougga, über dessen Akustik ich keine Nachricht habe.

III. Die Schallgefäße

Über die Schallgefäße sagt Vitruv in Fortsetzung der oben mit usw. abgebrochenen Stelle weiter:

Vitr. V 3, 7: „. . . und sie (gemeint sind die Baumeister der klassischen Zeit) haben sich nach den Regeln der Mathematik und nach der Theorie der Musik bemüht, jeden Ton, der auf der Bühne erklingt, recht hell und angenehm an das Ohr der Zuschauer gelangen zu lassen. Wie man nämlich Saiteninstrumente über einem Resonanzboden aus Bronzeblech oder zwischen Resonanzkörpern aus Horn baut, zur Erhöhung der Helligkeit des Klanges der Saiten, so sind für die Harmonie der Theater zur Verstärkung der Stimme von den Alten Theorien aufgestellt worden."

Vitruv gibt dann eine ziemlich eingehende Theorie der alten Musik. Sie hier darzustellen oder Vitruvs Darstellung zu übersetzen, das würde für den vorliegenden Zweck meiner Darlegungen zu weit führen. Ich möchte aber betonen, daß das Ohr der antiken Hörer in einem anderen Sinne geschult war als das der modernen Hörer. Man hatte mehr Tonarten als wir, die wir nur Dur und Moll haben, und man vernahm außer unseren Ganz- und Halbtönen noch Vierteltöne.

Vitr. V 5, 1—2: „Daher sollen auf Grund vorstehender Forschungen nach mathematischen Berechnungen bronzene Gefäße hergestellt werden, der Größe des Theater entsprechend. Und diese Gefäße sollen so hergestellt werden, daß sie, wenn sie angeschlagen werden, zusammen die Konsonanz einer Quart, einer Quinte usw. bis zur Doppeloktave hervorbringen. — Nachher, nachdem man zwischen den Sitzstufen des

Theaters Kammern eingebaut hat, sollen sie darinnen nach den Gesetzen der Musik so aufgestellt werden, daß sie keine Wand berühren und ringsherum Spielraum haben und auch oben darüber freien Raum, daß sie umgekehrt stehen und in der Richtung auf die Bühne zu mindestens $^1/_2{}'$ hohe Keile untergelegt bekommen. Und vor diesen Kammern soll man Schallöcher in den Unterbauten der untersten Sitzstufen offen lassen, 2′ breit und $^1/_2{}'$ hoch. Die Einzeichnung der Stellen, wo die Schallgefäße aufzustellen sind, soll man folgendermaßen machen: Wenn das Theater nicht von bedeutender Größe ist, soll in halber Höhe eine waagerechte Ebene gezeichnet werden, und in dieser Ebene sollen 13 gewölbte Kammern in 12 gleichen Abständen gebaut werden, damit die oben beschriebenen *ἠχεῖα* usw." (Es folgen Anweisungen über die Aufstellung der Gefäße nach den Tönen, auf die sie abgestimmt sind.)

Es sollen also 13 Kammern in ein und derselben Ebene in halber Höhe des Theaters eingebaut werden, und sie sollen im Unterbau der untersten Sitzstufen liegen. Das ist nur denkbar, wenn man sich die Sitzstufen durch eine Präzinktion (ein Diazoma) in zwei Abteilungen, eine untere und eine obere, geteilt denkt. Dann müssen die Kammern in der Stützwand unter der untersten Sitzstufe der oberen Abteilung gewesen sein. Über die Abmessungen der Kammern hören wir nichts. Das Schalloch ist ein Schlitz von $2' \times {}^1/_2{}'$. Das Gefäß steht mit der Öffnung nach unten auf einem Keil, der $^1/_2{}'$ hoch ist. Es berührt also den Boden nur in zwei Punkten und soll sonst ganz frei gelagert sein.

Für größere Theater gilt folgende Vorschrift:

Vitr. V 5, 3 (Mitte)—5: „Wenn aber die Größe des Theaters bedeutender ist, dann soll seine ganze Höhe in vier Teile geteilt werden, so daß sich drei Schichten von waagerecht angeordneten Kammern ergeben, die eine für die „Harmonia", die andere für das „Chroma" und die dritte für das „Diatonon", und zwar soll die erste von unten mit der „Harmonia" besetzt werden, so wie es oben bei dem kleinen Theater beschrieben ist."

In die mittelste Schicht kommen die Gefäße mit chromatischer und in die oberste Gefäße mit diatonischer Abstimmung.

Über die Wirkung der Schallgefäße liegen zwei Äußerungen Vitruvs vor:

1. Vitr. V 5, 3: „So wird infolge dieses Verfahrens die Stimme von der Bühne wie von dem Mittelpunkte eines Kreises aus ihren Ausgang nehmen, sich rings herum im Kreise verbreiten und die Hohlräume der einzelnen Gefäße treffen. Dadurch wird sie eine erhöhte Deutlichkeit und eine Konsonanz erhalten, die infolge der Abstimmung (der Gefäße) zu ihr paßt."

2. Vitr. I 1, 9: „Damit die Stimme des Schauspielers — die in ihrem Klange zu den aufgestellten Gefäßen paßt — dadurch, daß sie durch Berührung einen Anstoß hervorbringt, wächst und stärker wird und so deutlicher und klarer zu den Ohren der Zuschauer gelangt."

Was uns bei Vitruv vorliegt, ist eine Theorie. Sie geht nach seinen Angaben auf Aristoxenos zurück. Daneben kann es andere Theorien gegeben haben. Was die antike Praxis anbelangt, so wird sie hinsichtlich der Schallgefäße zu Vitruvs Theorie genau so gestanden haben, wie sich auch sonst die antike Praxis zu Vitruv verhält; es wird also auch hier in jedem Einzelfalle ein ganz verschiedenes Verhältnis obgewaltet haben. Wenn man also ein bestimmtes antikes Theater vornimmt, so darf man auch in bezug auf die Schallgefäße nicht von vornherein erwarten, daß es Vitruv genau entsprochen hat, sondern nur entweder teilweise oder gar nicht.

Die Glaubwürdigkeit Vitruvs in bezug auf seine Nachrichten von den Schallgefäßen bestätigen m. E. die Stellen aus anderen antiken Schriftstellern, die ich angeführt habe. Spuren in antiken Theatern wollen die Archäologen unserer Zeit nicht gefunden haben. Ältere Forscher aber versichern, daß sie solche gesehen haben. Es handelt sich dabei um Theater, die seither weiter verfallen oder zerstört worden sind. Ich nenne zwei Beispiele.

Der Italiener Onorio Belli hat während seiner Tätigkeit als Arzt auf Kreta Berichte nach seiner Heimat gesandt, die, soweit sie noch

vorhanden waren, EDWARD FALKENER herausgegeben hat: A Description of Some Important Theatres and Other Remains in Crete from a Ms. History of Candia by Onorio Belli in 1586 ... London 1854. S. 31 schreibt FALKENER: „In three of these theatres we have one row, and in that of Lyctus three rows, of thirteen cells, for the harmonic vases . . . and Belli adds, that the common people call them ovens."

Bellis Briefe liegen jetzt in Mailand. Der Freundlichkeit eines bekannten Archäologen verdanke ich eine Abschrift, der ich folgende zwei Stellen entnehme:

Über das Theater von Lyttos schreibt Belli: „Questo theatro e stato il maggiore che sia stato in questo Regno. Havea tre ordini di vasi per moltiplicar le voci et ancora si vedono quasi tutte le celle ove stavano."

Zu dem größeren Theater von Hierapytna heißt es: „L'altro teatro e il grande di Gierapetra . . . haveva se non un' ordine di vasi de Ramo come si vede ancora per le celle, le quali sono le piu intiere, che abbi veduto. queste genti di qua che non sanno che cosa sia ne teatri ne celle dicono che sono forni, et subito gli hanno accomodata la sua favola da far vider la melancolia." Das Volk bezeichnete die Schallkammern also als Öfen und knüpfte seine Märchen daran — ein Beweis mehr für die Zuverlässigkeit von Bellis Bericht.

CHARLES TEXIER: Description de l'Asie Mineure, Premier Volume, Paris 1839 schreibt S. 113: „La salle ou cavea du théâtre d'Aizani est assez bien conservée dans sa partie inférieure ... Le mur de soutènement (diazoma) de la seconde précinction, quoique en partie détruit, conserve une disposition que je n'ai pas remarquée dans d'autres théâtres: ce sont des niches ou cellules accouplées deux à deux, et dont les parois sont faites d'une seule pièce de marbre blanc. On ne voit point quelle pouvait être l'utilité de ces loges, si ce n'est d'avoir recélé un système de corps sonores ayant la forme de vases, que l'on plaçait dans la précinction."

FRANZ REBER sagt in der schon zweimal erwähnten Anmerkung, daß nur der anonyme Verfasser über antikes Theaterwesen von den Schallgefäßen des Vitruv Notiz nehme. Dieser Anonymus hat vielleicht im 17. Jahrhundert gelebt. Er ist einer der ersten, der auf die Schallgefäße — hier meist Schalltöpfe genannt — der christlichen Kirchen als Nachkommen der Schallgefäße der antiken Tragödie hingewiesen hat, und zwar hat er auf ihr Vorhandensein in den Kirchen des zeitgenössischen Griechenland hingewiesen. Dort sind sie also seit alters üblich, und das noch in unserer Zeit. Herr SOTIRIU, der Direktor des Byzantinischen Museums in Athen, ein hervorragender Kenner der byzantinischen Zeit, schreibt mir: „Schallgefäße haben in der Regel fast alle byzantinischen und nachbyzantinischen Kirchen Griechenlands. Sie werden gewöhnlich in den vier Zwickeln (Pendentifs) der Hauptkuppel untergebracht und haben die Gestalt, die Ihnen die beigefügten Photographien eines Schallgefäßes im Byzantinischen Museum zu Athen zeigen." (Von mir aus dem Ngr. übersetzt.)

Ich habe mir eine Sammlung von Kirchen fast ganz Europas angelegt, die Schallgefäße enthielten oder enthalten. Sie sind in späterer Zeit meist durch den Wandputz verdeckt worden und bei Reparaturen zum Vorschein gekommen. Sie finden sich in Deutschland, in der Schweiz, in Frankreich, in England, in Dänemark und Schweden, in Rußland und den Balkanländern.

Ich schließe mit einigen Berichten von Augen- und Ohrenzeugen über die Wirkung der Schallgefäße in christlichen Kirchen:

In einer Chronik der Coelestiner von Metz wird unter dem Jahre 1432 berichtet, als der Prior vom Generalkapitel des Ordens zurückgekommen sei, habe er Schalltöpfe in der Kirche anbringen lassen, die er anderwärts gesehen habe. Der Chronist spottet darüber. (Veröffentlicht von M. E. DE BOUTEILLER in: Mémoires de l'académie impériale de Metz. XLIII année 1861—1862, Metz 1862 S. 490.)

L'apocalypse de Meliton ov revelation des mysteres cenobitiques par Meliton, A Saint Leger 1662 (Verfasser heißt CLAUDE PITHOYS) S. 42: „Qui sçait ce que l'on fait derriere ce

rideau? de cinquante Choristes que le public entretient dedans telle maison, quelque fois ils ne seront pas six à l'office; ces choeurs sont accomodés auec des pots dans la voute, & dans les murailles, en sorte que six voix y feront autant de bruit, que quarante ailleurs ... vn moins moderé apelleroit ceste industrie, vne pieuse fraude."

Konservator KARL A. ROMSTORFER: Die Kirchenbauten in der Bukowina, in: Mittheilungen der K. K. Central-Commission NF 21 — 1895 — S. 252—253: „Man muß eine kirchliche Feier in einem solchen Gotteshaus mitgemacht haben, um von dem kräftigen erhebend wirkenden Wechselgesange eine Vorstellung zu erlangen. In der Putnaer und der Miroutzkirche in Suczawa sind beispielsweise in den Pendentifs je vier bis sechs Töpfe eingemauert, welche ruthenisch Holosnikie, das ist Schallverstärker heißen, deren offene Hälse in der Wölbungs-Flucht liegen. Diese Maßnahme ist wohl direct auf byzantinischen Ursprung zurückzuführen."

Und der byzantinisch-kirchliche, möchte ich hinzufügen, auf die griechische Tragödie.

(Eingegangen am 18. September 1937.)

Erfahrungen mit einer 5 kW Großlautsprecheranlage auf der Burg zu Nürnberg

Von Oskar Vierling

Mitteilung aus dem Institut für Schwingungsforschung an der Technischen Hochschule zu Berlin

(Mit 1 Textabbildung)

Einleitung

Im Juli vorigen Jahres hatten wir Gelegenheit, die Anwendung einer zentralisierten Anlage zu erproben[1]), bei der die gesamte Energie von einem Punkt ausgestrahlt wird. Die Ergebnisse wurden damals mitgeteilt und dabei festgestellt, daß für größere Flächen eine Kombination von einer sehr großen Schallquelle mit mehreren verteilten Schallquellen stattfinden muß. Dabei wird die zentralisierte Großanlage für die Musik und die Rede benutzt und die verteilte Anlage für Kommandos und zur Begleitung des Gemeinschaftsgesanges, um einen gleichzeitigen Ablauf des Geschehens in allen Punkten des ausgedehnten Feldes zu gewährleisten. Der damalige Versuch ergab weiterhin, daß für kleinere Flächen der Großlautsprecher die einzig richtige Lösung ist.

Da für kleinere Veranstaltungen die Frage damit einwandfrei geklärt war, bestand der Wunsch, den Versuch für größere Dimensionen zu wiederholen, zumal neuerdings versucht wurde[2]), die Unzweckmäßigkeit solcher Anlagen zu beweisen. Das Problem ist aber wichtig genug, um sich über alle, auch seine eigenen Vorurteile hinwegzusetzen.

Großlautsprecher auf der Burg zu Nürnberg

Obergruppenführer von Obernitz hatte die Argo-Gilde mit der Ausgestaltung der Feier der Wintersonnenwende beauftragt, wobei uns wieder die Ausführung des technischen Teils zufiel. Auf der Burg zu Nürnberg wurde von uns eine Großanlage errichtet, die den Kundgebungsplatz, der auf der Burgfreyung vorgesehen war, und die nähere Umgebung mit Schall zu versorgen hatte. Auf der Freyung wurde das Julfeuer entzündet und von diesem Julfeuer dann 43 Sippenfeuer, die rings um die Stadtmauer gleichmäßig verteilt waren. Jede dieser 43 Feuerstellen hatte noch einen zusätzlichen Lautsprecher. Auf der Burg war eine Energie von 5000 Watt konzentriert und damit die bisher größte Anlage Europas aufgestellt. Die Verstärker waren in einer Garage untergebracht. Es waren drei Verstärker zu je 1000 Watt und zehn Verstärker zu je 200 Watt. An Lautsprechern stand nur die Type von 150 Watt zur Verfügung, die dann in entsprechender Anzahl verwendet werden mußte. Die Mehrzahl der Lautsprecher war auf dem Vestnerturm, mehrere an je einem Schalltrichter montiert; der Rest war auf den fünfeckigen Turm und den Kaisersaal verteilt. Die Lautsprecher auf dem Vestnerturm hatten eine Höhe von etwa 120 m über dem mittleren Stadtgebiet und von 40 m über dem Kundgebungsplatz. Für die auf dem Stadtring verteilten Lautsprecher war eine weitere Gesamtverstärkerleistung von etwa 2000 Watt vorhanden. Diese Verstärker wurden von der Hauptverstärkerzentrale auf der Burg über Fernsprechkabel gesteuert. Die Musikkapelle mit dem Chor, der elektrischen

[1]) Hertha Emde, Hans E. Henrich und Oskar Vierling, Ein Beitrag zum Problem der Großschallübertragungsanlagen. Z. techn. Physik 18 (1937), S. 252.

[2]) Dr. Benecke, Das Gesetz der Schallausbreitung und die Schallgroßanlagen. Funktechn. Vorwärts 7 (1937), S. 611 und 645.

Orgel, der elektrischen Harfe und den elektrischen Glocken war im Schwedenhof, einem geschützten Innenhof der Burg untergebracht, um Störungen durch Rückkopplung zu vermeiden. Der Redner stand auf der Burgfreyung ziemlich am Fuße des Vestnerturms. Die Musik war also auf dem Hauptkundgebungsplatz auch nur über die Übertragungsanlage hörbar. Auf dem Kundgebungsplatz sollte eine sehr große Dynamik zur Verfügung stehen. Die tiefen Frequenzen waren dort zu stark, da sie auch noch von Lautsprechern, die nicht auf die Burgfreyung gerichtet waren, wegen der zu geringen Richtwirkung der Trichter für die tiefen Frequenzen auf diese abgestrahlt wurden. Da außerdem das Ohr bei diesen übergroßen Lautstärken die tiefen Töne stärker hört als die hohen, trat eine weitere Verschiebung nach den tiefen Frequenzen hin auf. Durch Zusatzlautsprecher für die hohen Frequenzen wurde die Frequenzkurve so ausgeglichen, daß auch bei diesen großen Lautstärken wieder ein natürlicher Klangeindruck zustande kam (Abb. 1). Nach diesem Ausgleich der Frequenzkurve wurde selbst diese große Lautstärke nicht unangenehm empfunden. Da bei diesen großen Lautstärken eine saubere, unverzerrte Übertragung unerläßlich ist, wurden Maßnahmen zur Überwachung der Aussteuerung getroffen. Von der Firma Siemens und Halske wurde uns ein Aussteuerungsmesser zur Verfügung gestellt, der mit einem logarithmischen Lichtzeiginstrument mit einer Einstellzeit von nur 0,1 sec eine genaue Kontrolle zuließ.

Die Mikrophonanordnung beim Orchester machte keine Schwierigkeiten. Vor und hinter dem Orchester war je ein Orchestermikrophon. Zwei Mikrophone wurden hier verwendet, um die Klangfarbe einzustellen, denn das Mikrophon vor dem Orchester brachte besonders die hohen Frequenzen und die hellen Instrumente und das zweite hinter dem Orchester die tiefen Frequenzen und die tiefen Instrumente. Die Abstimmung dieser beiden Mikrophone erfolgte nur einmal und wurde dann nicht mehr geändert. Für den Chor wurde ein Mikrophon mit nierenförmiger Richtcharakteristik verwendet, um in dieses Mikrophon nur den Chor zu bekommen.

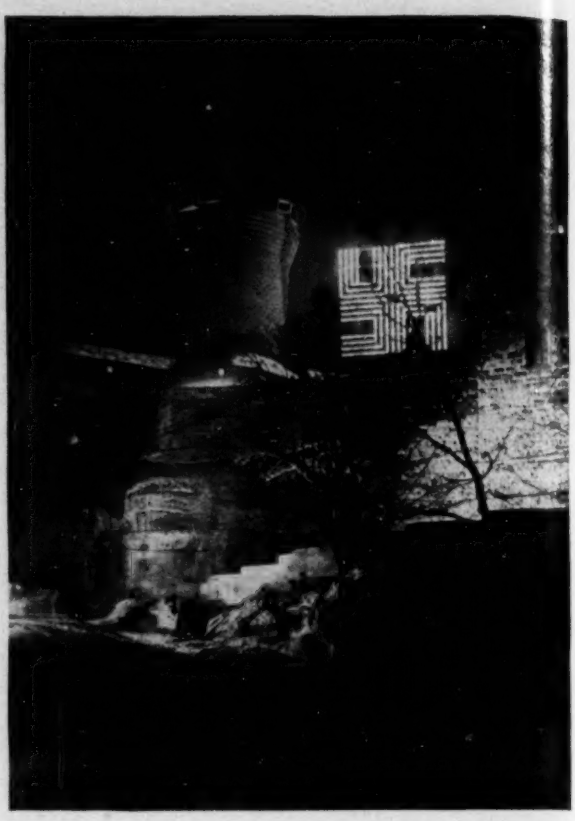

Abb. 1. Auf dem hohen, runden Vestnerturm Lautsprecher mit Schalltrichtern für den gesamten Frequenzbereich. In den Fenstern des Wehrgangs unterhalb Zusatzlautsprecher für die hohen Frequenzen (weiße Punkte)

Die Orgel, die Harfe und die Glocken wurden elektrisch dazugemischt.

Schwierigkeiten dagegen bereitete das Mikrophon für den Redner auf der Burgfreyung. Da die Freyung direkt mit Schall versorgt werden mußte, strahlten die Lautsprecher auf das Mikrophon. Durch einfache Abschirmungen akustischer Art ließ sich bei diesen Lautstärken nichts erreichen, so daß die Aufgabe schon unlösbar erschien. Ein kleiner Kunstgriff brachte dann nicht nur die Lösung, sondern ergab neue, wertvolle Wirkungen. Es wurden zwei gleiche Mikrophone in Gegentakt geschaltet und verhältnismäßig dicht benachbart aufgestellt, so daß sich der Schall von den Lautsprechern aufhob. Von dem Redner wurde dann nur das eine Mikrophon besprochen, so daß die Sprache ungehindert aufgenommen wurde. Bei einem ent-

sprechenden Abgleich der beiden Mikrophone konnte dann die Anlage voll ausgesteuert werden.

Da sich der Redner bei dieser Anordnung selbst sprechen hört, und er so den Ausdruck seiner Stimme verstärkt vernimmt, wird er weiter angeregt. So tritt an Stelle der akustischen Rückkopplung die „seelische".

Allgemeine Betrachtung zur Schallausbreitung

Ehe wir auf die erhaltenen Ergebnisse eingehen, soll kurz die allgemeine Schallausbreitung betrachtet werden. Obwohl die Zusammenhänge längst bekannt sind, sollen sie hier noch einmal kurz gebracht werden.

Der bereits oben genannten Arbeit von Dr. Benecke liegt die einfache Formel für die Schallausbreitung zugrunde, und mit der dort gegebenen Erklärung sollte bewiesen werden, daß eine Versorgung größerer Flächen mit einer Schallquelle unmöglich sei. Es wird dabei davon ausgegangen, daß zum quadratischen Abfall noch ein exponentieller Faktor tritt, der als zusätzliche Dämpfung den stärker als quadratischen Abfall verursacht. Diese Dämpfung wurde bildlich mit dem Fall der Optik verglichen, wo die Ausbreitung des Lichts durch Nebel gedämpft wird. Dort fällt auch die Intensität stärker als quadratisch, weil zu der Intensitätsabnahme, die durch die Ausbreitung bedingt ist, noch die zusätzliche Dämpfung durch den Nebel kommt. Für die verschiedenen Ausbreitungsbedingungen werden dann noch Dämpfungsfaktoren angegeben.

In so einfacher Form läßt sich aber dieses Problem nicht darstellen, und wir wollen deshalb auf die Arbeiten von Rayleigh[3]) zurückgehen, in denen bereits einige praktische Fälle eingehend behandelt worden sind. Wir können schlecht eine Formel verwenden, die Voraussetzungen trifft, wie z. B. die geradlinige Ausbreitung, die in der Praxis nicht gegeben sind. Auftretende Reflexions- und Brechungserscheinungen stören die normale Ausbreitung und sind auch die Ursache, daß wir größere oder kleinere Werte erhalten, als der quadratische Abfall erfordern würde.

Die beiden Faktoren, die hauptsächlich die normale Schallausbreitung stören, sind der meist vorhandene Wind und die Temperaturschichtung der Luft. Wir wollen in unsern Betrachtungen die normale Dämpfung der Luft vernachlässigen, die sich bei den uns hier interessierenden Entfernungen zwar schon für die hohen Frequenzen etwas auswirkt, aber durch eine stärkere Abstrahlung der hohen Frequenzen weitgehend ausgeglichen werden kann.

Wenn wir die Windbewegung betrachten, so vollzieht sie sich in mehreren Schichten mit verschiedener Geschwindigkeit. Dadurch treten nun diese eigenartigen Erscheinungen auf, und zwar sind sie eine Funktion der Geschwindigkeitsänderung mit den Schichten. Rayleigh hat in einem Beispiel ebene Wellen und eine lineare Zunahme der Geschwindigkeit mit der Höhe angenommen und erhält dann Kettenlinien, nach denen der Schall abgebeugt wird, und zwar gegen die Windrichtung nach oben und mit der Windrichtung nach unten. Wir haben damit die bekannte Erscheinung, daß wir mit dem Winde besser hören als gegen den Wind. Wenn wir jetzt den praktischen Fall betrachten, so haben wir sicher in der Nähe des Erdbodens die größte Geschwindigkeitsänderung. Wir können uns also von dem Einfluß des Windes unabhängiger machen, wenn wir den Schallsender und -empfänger über die Erde erheben und dadurch aus einer besonders ungünstigen Zone herauskommen, die noch durch die Bodenbeschaffenheit charakterisiert ist. Außerdem erhalten wir dadurch günstigere Auftreffwinkel, wodurch der Einfluß der Brechung verringert wird.

Die Temperaturschichtung hat eine ähnliche Wirkung. Bei einem linearen Verteilungsgesetz und ebenen Wellen ergeben sich wieder Kettenlinien, wobei jetzt keine bevorzugte Richtung mehr auftritt. Eine Ablenkung nach oben erhalten wir, wenn die Temperatur nach oben, eine Ablenkung nach unten, wenn die Temperatur nach unten abnimmt. Auch in diesem Fall treten die größten Wärmeunterschiede in der Nähe der Erdoberfläche auf, so daß auch

[3]) Lord Rayleigh, The Theory of Sound. London 1877. (Ausgabe 1929, Bd. II, S. 129ff.)

hier wieder der Einfluß der Temperaturschichtung durch eine Erhebung über den Erdboden gemildert werden kann. Für Windstille und normale Temperaturschichtung, nämlich einer Abnahme der Temperatur nach oben von $1—{}^1/_2{}^0$ pro 100 m, gibt RAYLEIGH eine Faustformel für die maximale Ausbreitung an, die bei einer vorgegebenen Höhe des Senders und Empfängers über dem Erdboden erreichbar ist. Der direkte Schall kann demnach nur gehört werden, wenn eine bestimmte Entfernung nicht überschritten wird.

Da die Temperatur- und Windschichtung gewöhnlich horizontal verläuft, können wir den Einfluß der Brechung beseitigen, wenn wir senkrecht nach unten strahlen. Als störender Faktor bleibt dann nur noch eine geringfügige Reflexion übrig.

Ein Studium der theoretischen Zusammenhänge zeigt zwar alle Schwierigkeiten auf, die sich bei der Anwendung von Großlautsprechern ergeben, gibt uns aber auch wiederum die Hinweise, diese Schwierigkeiten zu überwinden. Die erste Maßnahme dazu ist, die Lautsprecher auf Türmen erhöht über dem Boden anzubringen, wie es bereits bei dem Versuch im Juli ausgeführt wurde. Da außerdem gewöhnlich die Tribünen ansteigen, befinden sich auch die Zuhörer, besonders die weiter Entfernten in einer gewissen Höhe. Bei großen Veranstaltungen müssen diese Verhältnisse ins Große übersetzt werden, so daß wir auch da wieder den Lautsprecherturm mit dem gegenüberliegenden, ansteigenden Hang haben, auf dem sich die Menschenmenge befindet.

Erfahrungen beim Nürnberger Versuch

Bei der Nürnberger Veranstaltung waren wir durchaus nicht vom Wetter begünstigt, denn wir hatten stets Südwind, also in der Hauptstrahlungsrichtung Gegenwind. Die Temperaturverteilung war während der Vorversuche ganz ungünstig und wurde bei der Veranstaltung besser; es kamen aufgleitende warme Luftmassen, die später zu einem Regen führten. Die Ausbreitungsbedingungen über einer Stadt erschwerten weiterhin das Problem, da die Straßen kaum mit direktem Schall versorgt werden können. Die befürchteten Störungen durch mehrfache Reflexionen und eine dadurch hervorgerufene Unverständlichkeit der Sprache traten nicht ein. In einem Umkreis von 600 m war trotz des hohen Störpegels, der durch den Straßenlärm verursacht war, eine gute Verständlichkeit. An Stellen, wo direkter Schall einfiel, also besonders in radial von der Burg verlaufenden Straßenzügen, war die Reichweite größer. Außerhalb der Stadt wurde dann in Entfernungen von 5 km an Stellen, die etwas erhöht lagen, wieder gut gehört. Es wurden auch verschiedene Beobachtungen gemacht, die noch der Klärung bedürfen. So ergab sich z. B., daß die für hohe Frequenzen erzielte gute Richtwirkung in einer gewissen Entfernung verschwunden war, und auch diese hohen Frequenzen im ganzen Umkreis gleichmäßig gehört wurden. Wie weit es sich auch hier um Ablenkungserscheinungen handelt, die durch vertikal verlaufende Schichten hervorgerufen werden, muß noch untersucht werden. Leider ließen sich in der Stadt wegen der Belästigung der Bürger keine eingehenden Messungen durchführen.

Zusammenfassung

Eine auf der Burg zu Nürnberg aufgebaute Großlautsprecheranlage von 5 kW Leistung zeigte, daß bei einem normalen Kundgebungsgelände ein Umkreis von 600 m noch gut beherrscht wird. Um an allen Stellen eine einwandfreie Übertragung zu haben, ist für die verschiedenen Entfernungen eine unterschiedliche Frequenzentzerrung vorzunehmen. Um sichere Voraussetzungen für solche Veranstaltungen mit Großlautsprechern zu schaffen, wären Messungen unter verschiedenen Versuchsbedingungen in freiem Gelände auszuführen.

Ich möchte nicht versäumen, Herrn Obergruppenführer VON OBERNITZ, der Argo-Gilde, den Firmen Siemens, Telefunken und TeKaDe zu danken. Besonderer Dank gebührt auch meinen Mitarbeitern, Fräulein EMDE und den Herren HENRICH und LIPPERT, die durch ihren vollen Einsatz maßgeblich an dem Gelingen der Veranstaltung beteiligt waren.

(Eingegangen am 4. Februar 1938.)

PATENTSCHAU

Bearbeitet von Heinrich Kösters

59.

Deutsches Patent Nr. 651418, patentiert ab 11. 6. 1932, ausgegeben am 13. 10. 1937

Radio Corporation of America in New York, VStA.

Elektromagnetischer Druckluftlautsprecher

Die Patentschrift beschreibt einen Druckluftlautsprecher mit Exponentialtrichter, bei dem die Steuerung des Luftstromes durch Änderung des Zuleitungsquerschnittes so erfolgt, daß keine Wirbel- und Schneidetöne entstehen. Der Verlauf des Trichters ist vom Steuerorgan an exponentiell, so daß eine gute Schallabstrahlung für einen großen Frequenzbereich erzielt wird. Der genauere Aufbau ist aus der leider nicht sehr übersichtlichen Abb. 1 zu ersehen. Der Gleichluftstrom kommt durch das Rohr **37**, biegt in der Zeichnung nach rechts um und verläuft innerhalb der schwarz gezeichneten Kanäle bis zu dem Kegelventil **5**, das die Mündungen der Kanäle nicht vollständig abschließt. Die Luft strömt eine kurze Strecke am Kegelventil entlang und gelangt durch die von rechts nach links verlaufenen Kanäle in den Exponentialtrichter **3**. Wird das Ventil durch die Sprechströme bewegt, so wird der in den Trichter eintretende Luftstrom moduliert.

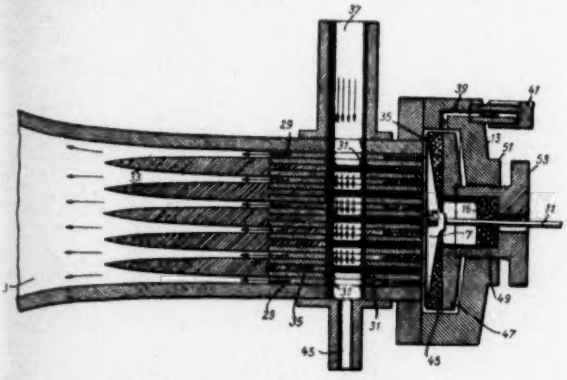

Abb. 1. Druckluftlautsprecher

60.

Deutsches Patent Nr. 652759, patentiert ab 17. 9. 1933, ausgegeben am 6. 11. 1937

Paul-Günther Erbslöh in Potsdam

Empfangseinrichtung für Schallwellen geringer Amplitude

Der Erfinder beschreibt ein etwas abgeändertes Interferometer (Michelson), bei dem die reflektierenden Flächen durch Membranen gebildet werden, die unter dem Einfluß der Schallwellen schwingen. Die Verschiebung der Interferenzstreifen wird durch eine Photozelle in Stromschwankungen umgesetzt.

61.

Deutsches Patent Nr. 654353, patentiert ab 25. 9. 1935, ausgegeben am 23. 12. 1937

Electrical Research Product Inc. in New York, VStA.

Rillentonabtaster für Berliner und Edison-Schrift

Das Patent schützt einen Tonabnehmer, der ohne Änderung sowohl für Seitenschrift wie für Tiefenschrift benutzbar ist. Die Wirkungsweise ist aus Abb. **2** zu ersehen. Der Nadelhalter **26** ist durch die Doppelfeder **30** und die einfache Feder **31** so befestigt, daß er sich entweder ohne Drehung von oben nach unten (Tiefenschrift) bewegen oder um die angedeutete Achse **34** (Seitenschrift) drehen kann. In beiden Fällen bewegt sich der Punkt **24** von oben nach unten, so daß auch die Bewegung der Tauchspule **19** unabhängig von der Richtung der Nadelbewegung stets in senkrechter Richtung erfolgt. Die beschriebene Mechanik kann auch für elektromagnetische und andere Systeme benutzt werden.

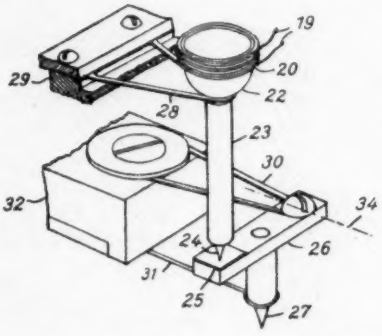

Abb. 2. Tonabnehmer für Tiefen- und Seitenschrift

62.

Deutsches Patent Nr. 655016, patentiert ab 29. 6. 1930, ausgegeben am 6. 1. 1938

Radioaktiengesellschaft D. S. Loewe in Berlin-Steglitz

Elektrischer Tonabnehmer

Ein elektromagnetischer Tonabnehmer wird beschrieben, der sehr kleine Rückstellkraft des Ankers und eine hohe Resonanzlage besitzt. Dies wird im wesentlichen durch einen leichten aus Blech gedrückten Anker erreicht, in den die Nadel ohne besondere Befestigung, die bekanntlich die Ankermasse störend vergrößert, eingesetzt wird. Eine mögliche Ausführungsform ist in den Abb. **3** und **4** dargestellt. Der Blechanker **5** ist an den unteren Polschuhen **4** befestigt. Er kann sich um eine Achse,

die zwischen den beiden Polschuhen liegt, durch Verbiegung des Ankerbleches drehen. Die Nadel 6 wird in eine Ausbuchtung des Ankers eingelegt, so daß sie durch das Gewicht des Tonabnehmers rechts oben und links unten anliegt. Wegen der kleinen Rückstellkraft soll die Nadel durch Auflage an diesen beiden Punkten genügend fest mit dem Anker verbunden sein. Eine Dämpfung dieses Systems wird nicht für unbedingt notwendig gehalten. Sie kann aber so erfolgen, daß eine Verlängerung des Ankers an seinem oberen Ende in ein Kissen aus weichem Leder oder einem ähnlichen Material hineinreicht.

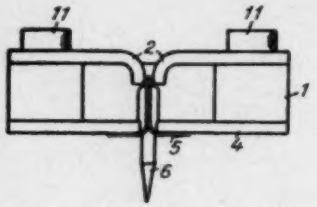

Abb. 3. Vorderansicht des Tonabnehmers

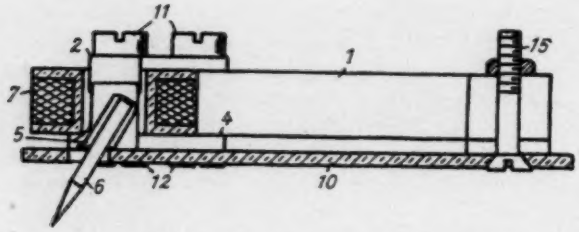

Abb. 4. Längsschnitt durch den Tonabnehmer

63.

Deutsches Patent Nr. 655213, patentiert ab 6. 10. 1937, ausgegeben am 12. 1. 1938

Georg Neumann in Berlin

Aufzeichnungsgerät für Schallstärken

Das Patent betrifft den bekannten Neumann-Pegelschreiber mit logarithmischer Anzeige zur Aufzeichnung von Schallstärken. Gegenüber ähnlichen Anordnungen, wie sie bei Temperaturschreibern benutzt werden, wird die zum schnellen Schreiben und Steuern des Potentiometers notwendige größere Kraft einem ständig umlaufenden Synchronmotor entnommen, mit dem der Schreibstift und der bewegliche Angriff des Potentiometers elektromagnetisch gekoppelt werden. (S. Elektr. Nachr.-Tech. 12 (1935), S. 223.)

64.

Deutsches Patent Nr. 655214, patentiert ab 15. 6. 1937, ausgegeben am 11. 1. 1938

Konrad Reinemer in Berlin

Einrichtung zur Tonaufzeichnung

Zur einfachen Schallaufzeichnung auf Papierstreifen soll, wie in Abb. 5 dargestellt, eine elastische, gefärbte Walze mit ellipsenförmigem Querschnitt benutzt werden, die entsprechend den Schallschwingungen mehr oder weniger stark auf das Papierband 2 gedrückt wird. Die Steuerung der Walze kann auch durch Zusammenpressen des elastischen Walzenteiles mittels zweier senkrecht zur Achse befindlicher Scheiben erfolgen.

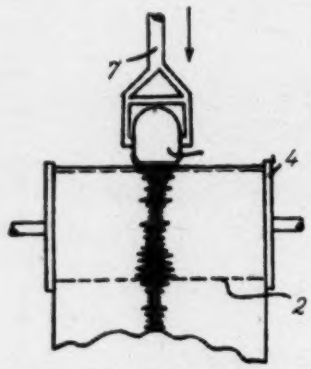

Abb. 5. Tonaufzeichnungsgerät

65.

Deutsches Patent Nr. 655508, patentiert ab 28. 1. 1933, ausgegeben am 17. 1. 1938

Dr. Paul Lueg in Berlin

Verfahren zur Dämpfung von Schallschwingungen

Zur Dämpfung von Schallschwingungen wird vorgeschlagen, mit Hilfe einer künstlichen Schallquelle den störenden Schall durch Interferenz auszulöschen. Der hierzu notwendige Schall soll über ein Mikrophon, das den Störschall aufnimmt, mit anschließendem Verstärker und Lautsprecher gewonnen werden.

SCHRIFTTUM

Forschung und Prüfung. 50 Jahre Physikalisch-Technische Reichsanstalt. Herausgegeben von J. STARK. Verlag von S. Hirzel, Leipzig 1937. VIII, 309 S. mit 12 Bildnissen und 11 Abb. Preis brosch. RM. 10,—, geb. RM. 12,—.

Im November vorigen Jahres hat die Physikalisch-Technische Reichsanstalt in einer großen Gedenkfeier ihr 50jähriges Bestehen gefeiert (vgl. Akust. Z. 3 (1937), S. 62). Aus diesem Anlaß ist von dem derzeitigen Präsidenten, Prof. Dr. J. STARK, das obige Buch als eine Übersicht über die Tätigkeit der Reichsanstalt in den verflossenen 50 Jahren herausgegeben worden. Es beginnt mit der interessanten Darstellung der Geschichte der Gründung der PTR, die ihr Entstehen vor allem dem persönlichen Eintreten von zwei Personen, dem damaligen Kronprinzen FRIEDRICH WILHELM und WERNER VON SIEMENS verdankt. An dieses Kapitel schließen sich Abschnitte über die organisatorische und bauliche Entwicklung an; die PTR hat zur Zeit 77 Laboratorien und 11 andere Dienststellen, an ihr sind etwa 300 wissenschaftliche und technische Mitarbeiter tätig. Ein kurzer Bericht über die Amtszeiten der einzelnen Präsidenten, von H. v. HELMHOLTZ, dem als ersten die Leitung der Anstalt anvertraut wurde, von FRIEDRICH KOHLRAUSCH, von EMIL WARBURG, von WALTER NERNST, von FRIEDRICH PASCHEN und von JOHANNES STARK folgt. Der PTR obliegt die wissenschaftliche Bearbeitung aller Fragen des physikalisch-technischen Meßwesens, insbesondere die Festlegung und Sicherheit der gesetzlichen Maßeinheiten und die Förderung der physikalischen Forschung. Demgemäß ist der Hauptteil des Buches der Entwicklung der einzelnen Laboratorien und ihren Arbeiten gewidmet. Wenn man diese Zusammenstellung durchgeht, so wird gleichzeitig die Geschichte der Physik der letzten 50 Jahre lebendig, weitbekannte Namen und wohlbekannte physikalische Gesetze begegnen dem Leser auf so vielen Seiten des Buches. Auch die akustischen Laboratorien, die noch sehr jungen Datums sind und die der Präsidialabteilung angehören, werden kurz besprochen; es sind dies die Laboratorien für Schallübertragung, für Ultraschall, für Schallaufzeichnung und Stimmgabelprüfung, für Geräuschmessung, für Erschütterungsmessungen sowie für elastische Kennwerte. Eine vollständige Liste sämtlicher an der Reichsanstalt tätig gewesenen und zur Zeit tätigen wissenschaftlichen Mitarbeiter und Gäste beschließt das Buch, das in seiner kurzen Zusammenstellung einen tiefen Eindruck von den großen Leistungen der PTR für deutsche Wissenschaft und Technik vermittelt.

E. MEYER

Lärm- und Erschütterungsabwehr im Hochbau. Eine Vortragsreihe für Baufachleute, veranstaltet vom Fachausschuß für Lärmminderung des Vereins Deutscher Ingenieure. Von W. ZELLER VDI herausgegeben unter Mitarbeit verschiedener Fachgenossen. DVI.-Verlag G. m. b. H., Berlin 1937. 70 S. mit 83 Abb., Format Din A 5. Broschiert RM. 4,50 (VDI.-Mitglieder RM. 4,05).

Das Buch ist aus einer Vortragsreihe hervorgegangen, die der Fachausschuß für Lärmminderung des Vereins Deutscher Ingenieure im November 1936 vor Baufachleuten veranstaltet hat und richtet sich vor allem an diese. Der Inhalt ist in drei Hauptabschnitte gegliedert.

Im ersten Teil werden zunächst die Grundbegriffe der Schalltechnik behandelt. Hier wird dem Baufachmann besonders die ausführliche Erklärung des Lautstärkemaßes „phon" willkommen sein. Es folgt ein Abschnitt über Geräuschmessung. Abweichend von der hier gegebenen Darstellung muß gesagt werden, daß der Lautstärkemesser nach BARKHAUSEN grundsätzlich das richtigste Gerät ist, da dieses Meßverfahren der Lautstärkedefinition am nächsten kommt. Mit der Beschreibung der bei der Erschütterungsmessung vorkommenden Meßgrößen und Meßverfahren schließt der erste Hauptabschnitt.

Der zweite Teil befaßt sich mit der Planung, Bauausführung und Installation. An zahlreichen Beispielen wird hier gezeigt, wie die Übertragung von Erschütterungen am Entstehungsort, am Ort der Wahrnehmung oder auf dem Wege dorthin verhindert werden kann. In gleicher Weise sind die schalltechnischen Gesichtspunkte für die Ausführung von Wänden, Decken, Türen und Fenstern dargelegt. Dabei sind besonders die Vergleichstafeln über die Schalldämmwerte verschiedener Wand- und Deckenkonstruktionen wertvoll. Der anschließende Abschnitt gibt durch Gegenüberstellung falscher und richtiger Anordnungen Richtlinien für die zweckmäßige Installation von Lüftungsanlagen und Wasserleitungen.

Der dritte Hauptteil des Buches trägt den Titel „Der Lärm und seine Bekämpfung in Verwaltung und Rechtsprechung". Es liegt in der Natur der Sache, daß hier eine Vielseitigkeit und eine Zersplitterung der Gesetze besteht, und das Studium gerade dieses Abschnittes weist darauf hin, wieviel zweckmäßiger es ist, diesen letzten Weg der Lärmbekämpfung zu meiden und sich an die Ratschläge der vorangehenden Kapitel zu halten.

G. BUCHMANN

KURT NENTWIG, **Die Kathodenstrahlröhre.** Verlag Deutsch-literarisches Institut J. Schneider, Berlin-Tempelhof 1937. 176 S. Preis kart. 5,— RM., geb. 6,20 RM.

Das Buch empfiehlt sich durch die klare und einfache Darstellung des behandelten Stoffes. Wenngleich es im wesentlichen für den jüngeren Techniker, den Händler sowie den ernsthaften Bastler geschrieben ist, dürfte es auch dem Wissenschaftler manchen Hinweis für eine zweckmäßige Schaltung oder Anwendung der Braunschen Röhre geben. In erster Linie ist die Verwendung der Braunschen Röhre für Meßzwecke beschrieben. Alle Spezialschaltungen, insbesondere solche für das Fernsehen, sind fortgelassen. Zahlreiche übersichtliche und in der Darstellung einheitliche Abbildungen erleichtern dem Leser das Verständnis. M. GRÜTZMACHER

M. MINNAERT and C. C. VLAM, **The Vibration of the Violin Bridge.** Physica IV, 5 (Mai 1937), S. 361—372.

Galvanometerspiegel zum Aufkleben auf den Steg — Lichtquelle — Fernrohr einerseits und Aluminiumpulver — Lichtquelle — Mikroskop andererseits sind das technische Rüstzeug, das die Untersuchung der Stegschwingungen ermöglicht. Neben bereits bekannten Bewegungen: einer Schwingung in Stegebene und einer Biegungsschwingung senkrecht zu ihr wird eine dritte, eine Torsionsschwingung des Steges um eine in seiner Ebene liegende, senkrecht auf der Geigendecke stehende Achse festgestellt. Von den drei Schwingungen wird wegen der Einkerbungen des Geigensteges nur die erste, die Schwingung in Stegebene, auf den Geigenkörper übertragen. Sie bringt auch den Steg zum Kippen über einem Drehpunkt, der auf der Verbindungslinie der beiden Stegfüße ungefähr zwischen Deckenmitte und Stimme liegt. Hieraus darf man schließen, daß die Stimme kleinere Bewegungen in ihrer Längsrichtung ausführt. Für die Biegungsschwingungen wird in Übereinstimmung mit früheren Arbeiten anderer nicht immer die zu vermutende doppelte Frequenz der Saitenschwingung gefunden.

Die Schwingungsformen und Amplituden der betrachteten Stegpunkte sind nur von der Frequenz abhängig, nicht von der Saite, auf der der Klang gespielt wird. Es ist daher leicht möglich, in einfacher Weise über einer Frequenzskala die Amplituden der Stegschwingungen aufzutragen und so zu einer Frequenzkurve für die Stegbewegungen zu kommen. Auffallend ist, daß sich das Sinken der hauptsächlichsten Luftraumresonanz des Geigenkörpers um einen Ton, das durch Einleiten von Gas erzielt wurde, in den Kurven nicht zeigt.

Die Geige kann man auffassen als ein aus Einzelsystemen zusammengesetztes Schwingungssystem. Dementsprechend wird versucht, durch Änderung von Masse und Federung bestimmter Teile der Geige solche Einzelsysteme zu lokalisieren. So sollen Maxima der in Stegebene liegenden Schwingung einem System zukommen, dessen Masse in der Decke zwischen den F-Löchern und im Steg, dessen Federung in den gespannten Saiten vereinigt ist. Bestimmte Maxima der Biegungsschwingung gehören zu einem Schwingungssystem aus Steg und Saitenspannung, solche der Torsionsschwingung zu einem System aus Saitenhalter und Saitenspannung.

H. MEISEL

L. J. SIVIAN, **Sound Propagation in Ducts Lined with Absorbing Materials.** Bell Telephone Laboratories, New York. J. Acous. Soc. Am. 9 (1937), S. 135—140,

Die Arbeit behandelt die Dämpfung einer Schallwelle in einem Rohr, das an der Wandung mit schallschluckendem Material ausgekleidet ist. Messungen des Schalldrucks am Ein- und Ausgang eines 3,46 m langen Rohres von 10 cm lichter Weit ergaben den bekannten Befund, daß die Dämpfung, von tiefen Frequenzen ausgehend, zunächst stark anwächst, daß sie aber bei sehr hohen Frequenzen wieder abfällt. Die Abtastung des Druckes quer zum Rohr zeigt hierbei, daß bei tiefen Frequenzen die Druckverteilung ziemlich gleichmäßig ist, während bei hohen Frequenzen in der Mitte eine Art Strahl von 8 cm Radius übrigbleibt und der Druck zum Rand zu stark abfällt. Die Versuche wurden auch mit einer überlagerten Gleichströmung von 2100 Fuß pro Minute ausgeführt und ergaben dabei bis auf eine Schwankung von 5% die gleichen Resultate.

Der Anstieg der Dämpfung im Bereich tiefer Frequenzen läßt sich theoretisch unter den Annahmen erfassen, daß die Wellenlänge groß ist zum Durchmesser des Rohres und daß die achsialen Schallschnellen im Innern der Wandverkleidung klein gegenüber den radialen sind. Unter diesen Annahmen läßt sich das ausgekleidete Rohr wie eine elektrische Leitung behandeln, die parallel zur Leitungskapazität noch eine beliebige Querimpedanz enthält. Diese Impedanz der Wandverkleidung läßt sich aus Versuchen bei senkrechtem Einfall im Rohr in bekannter Weise bestimmen. Die in dieser Form gefundenen und in die Leitungsformeln eingesetzten Werte für eine einzollige Rockwoolschicht zeigten gute Übereinstimmung der Theorie mit den Experimenten. Bei sehr tiefen Frequenzen mußten überdies die Resonanzen, die in achsialer Richtung des endlichen Rohres auftreten, dessen Ende durch freien Übergang in Luft abgeschlossen war, berücksichtigt werden.

(Unmittelbare Angaben über die Impedanzwerte der Rockwoolschicht sowie die Umrechnung auf Wellenwiderstand und Ausbreitungsmaß des ausgekleideten Rohres fehlen leider. Es sind nur die für die Leitungsformeln wichtigen Endwerte an-

gegeben. Dagegen sind zur Ausführung der Theorie die Fälle ausführlicher behandelt, daß die Impedanz des Wandmaterials einmal aus einem reinen Widerstand, dann aus einem Widerstand und Federung in Reihe und schließlich aus einem Widerstand und einer Masse in Reihe besteht, Fälle, welche freilich bei dem wirklichen Verhalten von porösen Schluckstoffen niemals eintreten.)

Zum Schluß werden auch die Grundzüge einer Theorie für den Fall dargelegt, daß die Rohrwandungen zu Biegeschwingungen angeregt werden können. L. CREMER

F. A. SAUNDERS, **The Mechanical Action of Violins.** J. Acous. Soc. Am. **9** (1937), S. 81—98.

Die großmütige Unterstützung eines privaten Gönners (Mr. Henry S. Shaw aus Boston) ermöglicht es dem Verfasser, mit einer Gruppe von Helfern aus der physikalischen Abteilung der Harvard Universität einige Jahre lang physikalische Untersuchungen an Geigen durchzuführen. Das Ziel der Arbeiten ist, die objektiven Merkmale der klanglich besten Geigen zu finden und die bautechnischen Ursachen der besonderen Klanggüte aufzudecken. Über den gegenwärtigen Stand der Arbeiten wird berichtet.

F. A. SAUNDERS nimmt Frequenzkurven von Geigen auf. Dazu werden von g 193 Hz bis e^4 2607 Hz in Halbtonabständen Klanganalysen bis einschließlich des vierten Teiltones durchgeführt. Man trifft dabei öfters Teiltöne verschiedener Ordnungszahl aber gleicher Frequenz an und erhält deshalb auch für die einzelnen Frequenzen öfters mehrere Amplitudenwerte, über die arithmetisch gemittelt wird. Die so erhaltenen Durchschnittsamplituden geben, über einer Frequenzskala aufgetragen und durch Gerade verbunden, die Frequenzkurve.

Zum Anstreichen der Geigen wurde zuerst eine mechanische Anstreichvorrichtung, eine rotierende beharzte Scheibe, benutzt. Später wurden die Geigen mit einem normalen Bogen von Hand aus angestrichen, da sich herausstellte, daß die erhaltenen Frequenzkurven bei den verschiedenen Methoden des Anstrichs einigermaßen übereinstimmen, und da die Musiker den mit natürlichem Anstrich erhaltenen Werten mehr Vertrauen entgegenbringen. Analysiert wurde mit einem von H. H. HALL konstruierten automatischen Analysator (Hochtonmethode). Die Absorption des Meßraumes betrug im allgemeinen etwa 50%. Doch war eine Ecke durch schwere Vorhänge vom übrigen Teil des Raumes getrennt und mit Schlackenwolle und vielen Lagen von Baumwollstoffen so ausgekleidet, daß praktisch kein reflektierter Schall das Mikrophon traf.

Der Verfasser ist wegen seines außergewöhnlich guten Untersuchungsmaterials zu beneiden. Gleich von fünf Ant. Stradiuarius-Geigen (Einzelpreis über 10000 Dollar) werden Frequenzkurven gezeigt, außerdem von fünf anderen wertvollen alten Geigen (Einzelpreis etwa 3000 Dollar) und von einigen billigeren neuen Geigen. Die Kurven der alten Geigen zeigen die Abb. 1 und 2. Man sieht aus der Abb. 1, daß die Strad-Geigen Nr. 16 und 22 ausgesprochene Maxima im Gebiet c^2—cis^2 besitzen, und daß bei der Geige 16 jedes cis besonders stark und jedes f verhältnismäßig schwach ist. Allgemeinere Auf-

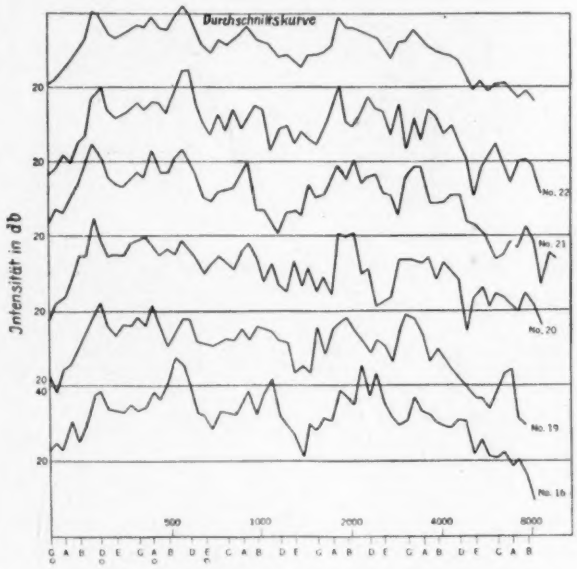

Abb. 1. Frequenzkurven von Stradivari-Geigen (Preis über 10 000 $)

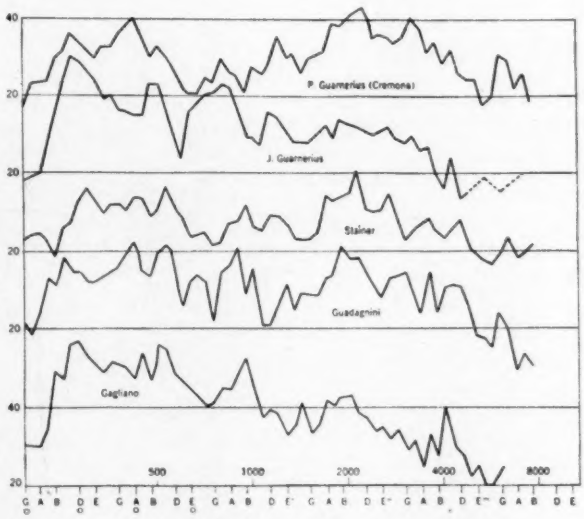

Abb. 2. Frequenzkurven alter Meistergeigen (Einzelpreis 3000 $)

schlüsse scheinen Durchschnittskurven zu versprechen, von denen auch für jede der beiden Gruppen alter Meistergeigen eine gebildet wird (Abb. 3). Die Durchschnittskurve der Strad-Geigen kann nach dem Verfasser zwar nicht den wahren Charakter der Arbeit Stradivaris erkennen lassen, weil sich die Instrumente nicht mehr im Urzustand befinden und weil auch die Zahl der untersuchten Geigen noch zu gering ist, sie verdient aber doch einige Auf-

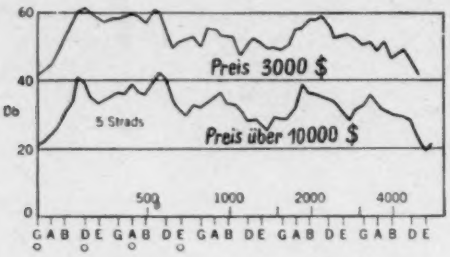

Abb. 3. Durchschnittskurven

merksamkeit. Man kann bei bestimmten Frequenzen größere Maxima erkennen, die durch 12, 9, 12 und 10 Halbtöne getrennt sind. Kleinere Maxima der einzelnen Kurven sind dagegen in der Durchschnittskurve nicht mehr vorhanden und deshalb für die vorliegenden Betrachtungen unwichtig. Die Ähnlichkeit der Durchschnittskurven für die zwei Gruppen alter Instrumente ist so gut, daß es nach dem Verfasser schwierig zu erkennen ist, warum zwischen beiden Gruppen ein so großer Preisunterschied besteht. Man ist sogar geneigt, die Durchschnittskurve der billigen Instrumente vorzuziehen, weil dort im Bereich von 1100—1900 Hz die Amplituden weniger niedrig sind.

[Die Ähnlichkeit der zwei Durchschnittskurven rührt zu einem recht beträchtlichen Teile davon her, daß zwei der 3000-Dollar-Geigen (J. Guarnerius und Gagliano) bei tiefen Frequenzen wesentlich größere, bei hohen Frequenzen kleinere Amplituden als die Strad-Geigen besitzen, während es bei zwei anderen Geigen (P. Guarnerius und Stainer) gerade umgekehrt ist. Da die fünfte Geige (Guadagnini, ein berühmtes Instrument, das früher von Spohr gespielt wurde) in großen Zügen den Strad-Geigen gleicht, müssen zwangsläufig diese fünf 3000-Dollar-Geigen eine Durchschnittskurve geben, die der der Strad-Geigen ähnlich ist.

Von diesem Gesichtspunkt aus gewinnt vielleicht auch der Preisunterschied der zwei Gruppen ein etwas anderes Bild. Zwei der alten 3000-Dollar-Geigen (J. Guarnerius und Gagliano) klingen nach den Frequenzkurven viel dunkler als die Strad-Geigen, vielleicht sogar etwas dumpf und hohl; zwei andere (P. Guarnerius und Stainer) klingen dagegen sicher deutlich heller als die Strad-Geigen, wahrscheinlich sogar oftmals näselnd. Da man heute im allgemeinen den Klang der Strad-Geigen am meisten schätzt, dürften die klanglichen Unterschiede dem Preisunterschied nicht widersprechen.

Auch eine andere Folgerung dürfte noch bemerkenswert sein. Sowohl die Stainer- als auch die P. Guarnerius-Geige ist hochgewölbt. Bei beiden Geigen sind nach den Frequenzkurven die hohen Frequenzen bevorzugt, die tiefen benachteiligt. Daran könnten bestimmte Holzdicken des Geigenkörpers schuld sein, doch würden die von den seinerzeit üblichen abweichen. Da weiter eine allgemeinere Untersuchung über den Einfluß der Wölbung (Akust. Z. 2 (1937), S. 31) das Ergebnis brachte, daß mit zunehmender Wölbung die hohen Frequenzen bevorzugt, die tiefen benachteiligt werden, ist es sehr wahrscheinlich, daß die Besonderheiten der zwei Frequenzkurven im wesentlichen der hohen Wölbung der Geigen zuzuschreiben sind.]

Die Untersuchungen neuer Geigen führten im wesentlichen darauf, daß die Frequenzkurven von zwei neuen guten Geigen (Strad.-Modell) gegenüber der einer anderen (Stainer) geringe Amplituden über 2000 Hz besitzen, wodurch ihre Klänge weniger kreischend, angenehmer werden. In Übereinstimmung damit werden bei einer als „Muster des Schlechten" dienenden Geige die im Bereich von 2000 Hz bis 4500 Hz gefundenen starken Amplituden für den schreienden unangenehmen Klang verantwortlich gemacht. Aluminiumgeigen zeigen bei tiefen Frequenzen geringe Amplituden, wie eine im Holz zu dicke Geige (Akust. Z. 2 (1937), S. 26), über 500 Hz klingen sie jedoch gut.

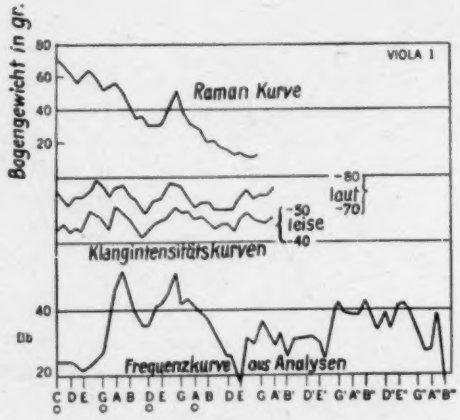

Abb. 4

Außerdem wird noch über weitere ebenfalls recht interessante Untersuchungen berichtet, die im wesentlichen auch in der Richtung liegen, die objektiven Merkmale guter Geigen zu finden: Nach RAMAN kann man Frequenzkurven auch dadurch aufnehmen, daß man den geringsten Bogendruck feststellt, der nötig ist, um die Geige zum richtigen „Ansprechen" zu bringen; denn an den Resonanzstellen erreichen die abgestrahlte Energie und damit auch der nötige Bogendruck ein Maximum. Diese Methode eignet sich nur für die tieferen Frequenzen, weil bei höheren die Messungen sehr schwierig und

sicher sind. Weiter kann man die Intensität des gesamten Klanges in Abhängigkeit von der Frequenz messen und dabei von Hand aus so leise und so laut als möglich spielen, um den gesamten Intensitätsbereich der Geige zu erfassen. Abb. 4 zeigt eine Gegenüberstellung der gewonnenen Kurven. Sie lassen gute Übereinstimmung erkennen, wenn man bedenkt, daß manche Maxima der Klangintensitätskurven von Obertönen herrühren.

Der Klangintensitätsbereich (die Dynamik) wurde bei Geigen verschiedener Qualität gemessen. Nach den (allerdings noch unvollständigen Beobachtungen) besitzt man aber keine Anzeichen dafür, daß gute Instrumente auch die größere Dynamik haben. Ähnlich verhält es sich mit dem Wirkungsgrad einer Geige. Dieser wurde zwar nicht gemessen, doch ergeben sich aus dem Vergleich der beim Anstreichen aufgewendeten Arbeit mit der abgestrahlten Schallenergie Werte, die nach dem Verfasser dem Wirkungsgrad proportional sind. Sie wurden an Geigen, deren Preise im Verhältnis 600 : 1 stehen, gemessen, wobei sich nur Unterschiede von etwa 10% zeigten. Danach sind Versuche, aus dem Wirkungsgrad die Qualität einer Geige festzustellen, ebenfalls zum Scheitern verurteilt.

Daß die Arbeit noch einige Untersuchungen enthält über den Einfluß verschiedener Anstreichbedingungen, über die Reibung zwischen Bogen und Saite, über eine unter den tiefsten Klängen der Geige liegende Eigenfrequenz des Geigenhalses, über die Vernachlässigbarkeit der Frequenzen über 10000 Hz und einige Betrachtungen über den Einfluß der Lackierung, der Feuchtigkeit, über Ermüdungserscheinungen und das Altern von Geigen, sei zum Schluß erwähnt. H. MEINEL

Akustik
in Büchern des Jahres 1937

BARBILLON, L. Physique de l'ingenieur. Tome I. Optique géometrique, phénomènes périodiques. Optique. Physique. Acoustique. 260 S. 259 Abb. Dunod, Paris 1937.

BERGMANN, L. Schwingende Kristalle und ihre Anwendung in der Hochfrequenz- und Ultraschalltechnik. 46 S. 42 Abb. B. G. Teubner, Leipzig u. Berlin 1937. 1,20 RM. (Math.-Phys. Bibl. Reihe I, Bd. 96.)

BERGMANN, L. Der Ultraschall und seine Anwendung in Wissenschaft und Technik. 230 S. VDI-Verlag, Berlin 1937. 18,50 RM.

BRILLOUIN, JACQUES. Acoustique du bâtiment. I: L'acoustique et la construction. 1. Bases de la technique à l'usage des architects, décorateurs, entrepreneurs, etc. 83 S. Hermann et Cie., Paris 1937. 18 fr. (Actualités scientifiques et industrielles, Bd. 457.)

BRYSON, H. COURTNEY. The grammophone record. 266 S. Ernest Benn, Ltd., London 1937.

BÖHM, WALTER. Ein neues elektrodynamisches Erschütterungsmeßgerät und seine Anwendung auf die Untersuchung von Verkehrserschütterungen in Gebäuden Groß-Berlins. Dissertation TH. Berlin 1935.

BUDDENBROCK, W. v. Grundriß der vergleichenden Physiologie. 2. Aufl. 1. Bd.: Physiologie der Sinnesorgane und des Nervensystems. 567 S. 355 Abb. Gebr. Borntträger, Berlin 1937. 40,40/42,— RM.

CELOTEX CORP, Less noise, better hearing. 3rd ed. Celotex Corp., 919 N. Michigan Avenue, Chicago Ill. 1937.

DAVIS, A. H. Noise. 148 S. Watts and Co., Ltd., London 1937. 2 s 6 d. (Changing World Library, Nr. 6.)

DOGNON, A., & E. H. BIANCANI. Ultra-sons et biologie. 80 S. 22 Abb. Gauthier-Villars, Paris 1937.

ELLIOT, W. F. Sound-recording for films: a review of modern methods. 134 S. I. Pitmans & Sons, Ltd., London 1937. 10 s 6 d.

FÖPPL, O. Dämpfungsfähigkeit der Werkstoffe und anderes. 61 S. Vieweg, Braunschweig 1937. (Mitt. des Wöhler-Instituts, Heft 30.)

FRANK, JOSEF u. JOSEF SCHÜLLER. Schwingungen in den Zuleitungs- und Ableitungskanälen von Wasserkraftanlagen. 224 S. 150 Abb. 27,— RM.

GALPIN, FRANCIS WILLIAM. A textbook of european musical instruments: their origin, history and character. 256 S. 11 Abb. Williams & Norgate, Ltd., London 1937. 7s 6d.

HARTZ, H. Schwingungstechnische Gestaltung von Maschinengründungen. Erweiterte Wiedergabe eines Vortrages. W. Genest G. m. b. H., Berlin u. Stuttgart 1937. 96 S. 29 Abb. 0,80 RM. (Fachwiss. Abh. schwingungstechn. Fragen, 1. Heft.)

HEIDER, HERMANN. Rund um den Fernsprecher. Ein Buch über das Wesen, Werden und Wirken unseres volkstümlichsten Nachrichtenmittels. 184 S. Siemens & Halske AG., Berlin-Siemensstadt 1937.

JEANS, SIR JAMES. Science and music. 258 S. University Press, Cambridge and McMillan Co., New York 1937. 8s 6d.

JONES, ARTHUR TABER. Sound, a text book. 450 S. 141 Abb. Van Nostrand Comp., New York 1937. 3,75 $

JUNG, H. u. R. WOLLMANN. Lautsprecher. 24 S. Maier, Ravensburg 1937. (Spiel und Arbeit Bd. 159.)

LAUFFER, HANS. Die Schallabsorption schwingungsfähiger Platten. Leipzig 1937.

LEHMANN, K. O. Über die Theorie der Netztöne (Thermisch erregte Schallschwingungen). Hab.-Schr. TH. Karlsruhe 1937.

LLOYD, LL. S. Music and sound. Preface by Sir William Bragg. 192 S. University Press, Oxford 1937. 10s 6d.

LÜBECK, HEINZ. Magnetische Schallaufzeichnung mit Filmen und Ringköpfen. Dissertation TH. Berlin.

MARINESCO, N. Exposés sur le rayonnement et la biophysique. 1: Propriétés piézo-chimiques, physiques et biophysiques des ultra-sons; technique des ondes élastiques de haute fréquence. 54 S. 15 fr. 2: Propriétés piézo-chimiques, physiques et biophysiques des ultrasons, destruction des micro-organismes; rélation explosives, réactions photochimiques. 68 S. 18 fr. Hermann & Cie., Paris 1937. (Actualités scientifiques et industrielles, Bd. 522, 523.)

McAllister, Anne H. Clinical studies in speech therapy. 376 S. University of London Press, Ltd., London 1937. 15 s.

Miller, D. C. Sound waves. Their shape and speed. A description of the phonodeik and its applications, and a report on a series of investigations made at Sandy Hook proving ground. 164 S. 64 Abb. McMillan & Co., Ltd., London 1937. 2,75 $.

Milliken, Robert Andrews, Duane Roller and Earnest Charles Watson. Mechanics, molecular physics, heat and sound. 498 S. Ginn & Co., Boston 1937. 4 $.

Nuthmann, Walter. Die Absorption von Schallenergie im Bereich der Tonfrequenzen an suspendierten Teilchen in der Atmosphäre. 18 S. Dissertation Göttingen 1937.

Orton, Samuel Torry. Reading, writting and speech problems in children: a presentation of certain types of distorers in the development of the language faculty. 215 S. Chapman & Hall, Ltd., London 1937. 10 s 6 d. (Thomas W. Salmon Memorial Lectures.)

Rijnberg, G. van. Die Herstellung eines praktisch vollkommen geräuschlosen Raumes. Hdb. d. biol. Arbeitsmethoden, Abt. 5, Teil 7, Heft 12.

Rothermel, R. A. Ltd. Sound engineering. 32 S. London 1937.

Schoch, Arnold. Die physikalischen und technischen Grundlagen der Schalldämmung im Bauwesen. 119 S. 87 Abb. S. Hirzel, Leipzig 1937. (Physik und Technik der Gegenwart, Abt. Akustik, 1. Bd.) 5,—/6,20 RM.

Schoeps, Karl. Beiträge zur Theorie und Technik der Frequenzanalyse mit Suchton. Dissertation TH. Karlsruhe 1937.

Seashore, Carl E. Objective analysis of musical performance. 379 S. University Press, Iowa City 1937. 2,50 $.

Seiler, U. Lehrbuch der Physik. Teil 1. Mechanik und Akustik. 3. Auflage. Neubearb. von W. Hardmeyer. 206 S. Polygraphischer Verlag, Zürich 1937. 4,20 RM.

Thornton, D. Laugharne. Mechanics applide to vibrations and balancing. Chapman & Hall, Ltd., London 1937.

Timoshenko, S. Vibration problems in engineering. Second edition. 470 S. Constable & Co., Ltd., London 1937. 24 s.

Uller, Karl. Die Entdeckung des Wellen-Begriffes. 107 S. Konrad Triltsch, Würzburg-Aumühle 1937. 5,80 RM.

Zeller, W. Lärm- und Erschütterungsabwehr im Hochbau. Eine Vortragsreihe für Baufachleute, veranstaltet vom Fachausschuß für Lärmminderung des VDI. 70 S. VDI.-Verlag, Berlin 1937. 4,50 RM.

Zintl, Hans. Akustische Untersuchungen an anisotropen Membranen. 28 S. Dissertation Erlangen 1937.

The international broadcast and sound engineer. 1937 year-book. 225 S. 43 Abb. J. Davey, Velthem. 45 francs belges.

Faraday Society. The properties and functions of membranes, natural and artificial: a general discussion held by the Faraday Society, April 1937. 12 s 6 d.

Ship stabilising equipment. Druckschr. SAM. 106. Schlingertankanlagen.

Installations anti-roulis. Druckschr. SAM. 105.

Elektrisch gesteuerte Schlingerdämpfungsanlagen. Druckschr. SAM. 102.

Nachtrag von Büchern über Akustik aus dem Jahre 1936

Ali, Lufti. Über den Nachweis der Frequenzänderung des Lichtes durch den Dopplereffekt bei der Lichtbeugung an Ultraschallwellen in Flüssigkeiten. Dissertation Zürich 1936.

Bondy, Clemens. Über Ultraschallwellen und ihre emulgierende Wirkung. 71 S. Dissertation Zürich 1936.

Cowan, M. Pitch and intensity characteristics of stage speech. 90 S. Archives of Speech (N. of Iowa). Dez. 1936.

Eichhorn, Karl. Spannungsoptische Untersuchungen der piezo-elektrisch erzwungenen Biegungsschwingungen von Quarzstäben. 58 S. Dissertation TH. Berlin 1936.

Feck, Konr. Claus. Bautechnische Untersuchungen über die Luftschalldämmung von Wandkonstruktionen. 62 S. Dissertation TH. Braunschweig 1936.

Feld, Erich. Beiträge zur Schlingerdämpfungsfrage unter besonderer Berücksichtigung des Frahmschen Tanks. 37 S. Dissertation TH. Berlin 1936.

Kuntze, Arthur. Über Erzeugung und Empfang von frequent modulierten Ultraschallwellen mittels Piezoquarzen in Luft und in metallischen Schalleitern. Dissertation Berlin 1936.

Meyer, Hans. Spannungsoptische Untersuchungen ebener Schwingungsvorgänge. Dissertation TH. Zürich 1936.

Meyer, Walter. Strom, Durchschlag und Ultraschall in dielektrischen Flüssigkeiten. Dissertation TH. München 1936.

Schaeffner, André, Origine des instruments de musique. Introduction ethnologique à l'histoire de la musique instrumentale. 406 S. Libr. Payot, Paris 1936. 50,— fr.

Schween, Walter. Beitrag zum Ablauf von Schallwellen in nichtbegehbaren Leitungen auf Grund von Messungen in Straßenkanälen der Stadt Dresden. 40 S. Dissertation TH. Dresden 1936.

Smith, Eugen Henry, Vibration on shipboard. 144 S. Liverpool 1936.

Studer, H. L. Experimentelle Untersuchungen über Flügelschwingungen. Mitt. Inst. Aerodynamik a. d. E. TH. Zürich, Nr. 4/5. 130 S. 86 Abb. AG. Gebr. Leemann & Co. Zürich 1936. 6 RM.

Akustisches Schrifttum in Zeitschriften des Jahres 1937

Bearbeitet von K. Patermann

Einteilung:

1. Allgemeines und Gesamtdarstellungen.
2. Physikalische Akustik.
3. Siebketten (elektrische und akustische).
4. Meßtechnik.
5. Raum- und Bauakustik.
6. Schallübertragung und Rundfunk.
7. Schallübertragung auf Leitungen.
8. Mikrophone.
9. Membranen und Platten.
10. Telephone.

11. Lautsprecher.
12. Groß-Lautsprecherübertragungsanlagen.
13. Tonfilmtechnik.
14. Magnettontechnik.
15. Schallplattentechnik.
16. Akustik in der Wehrtechnik.
17. Echolotung.
18. Lärm- und Erschütterungsabwehr.
19. Medizinische und physiologische Akustik (Gehör).
20. Sprache.
21. Musikinstrumente.
22. Elektrische Musik.
23. Ultraschall.

1. Allgemeines und Gesamtdarstellungen

Die Frühgeschichte der Akustik. H. SCHIMANK. Forschg. u. Fortschr. 13 (1937), Nr. 7, S. 86—88.

Unser Wissen über den Schall vor zweihundert Jahren. R. BERGER. Schalltechn. 9 (1937), Nr. 1, S. 6—10, Nr. 2, S. 20—23.

Recent progress in acoustics. V. O. KNUDSEN. J. Soc. Mot. Pict. Engr. 29 (1937), Nr. 3, S. 233—247.

Die elektro-akustischen Fortschritte im Jahre 1936. Radiohändler 14 (1937), Nr. 1, S. 21—22.

Progress during 1936 in electroacoustics. Proc. Instn. Radio Engr. 25 (1937), Nr. 2, S. 165—176.

Ein Jahrzehnt elektroakustischer Entwicklung. E. SCHWANDT. Funktechn. Mh. 1937, Nr. 2, S. 56—58. Funkschau 1937, Nr. 11, S. 81—82.

Zehn Jahre elektrische Schalltechnik. Bedeutungsvolle Entwicklung der Übertragungsanlagen in Deutschland. Radio-Helios 14 (1937), S. 127—128.

Elektrophysik (einschl. Elektroakustik) 1936/1937. Elektrotechn. Z. 58 (1937), Nr. 31, S. 860.

Acustica applicata ed elettroacustica. Alta Frequenza 6 (1937), Nr. 1, S. 68—69.

La technique électrotechnique et électro-sonore à l'exposition de 1937. HÉMARDINQUER. Électricien 68 (1937), Nr. 1666, S. 374—377, Nr. 1667, S. 392—395.

Internationale akustische Konferenz. Akust. Z. 2 (1937), Nr. 4, S. 215—216.

Erste Internationale Akustische Konferenz Paris, 30. Juni bis 3. Juli 1937. W. FURRER. Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 28 (1937), Nr. 22, S. 576. Rev. gén. Electr. 42 (1937), Nr. 17, S. 513—514. A. DUMONT. Génie civ. 111 (1937), Nr. 14, S. 292—293. Alta Frequenza 6 (1937), Nr. 9, S. 630—634. Nature, London 140 (1937), Nr. 3539, S. 370, Electr. Rev., London 121 (1937), Nr. 3116, S. 215. J. télécommunic. 4 (1937), Nr. 11, S. 295—297.

Gründung eines schweizerischen Komitees für Akustik. Bull. schweiz. elektrotechn. Ver. 28 (1937), Nr. 26, S. 685.

Compensation of strain gages for vibration and impact. W. M. BLEAKNEY. J. Res. Bur. Stand. 18 (1937), Nr. 6, S. 723—729.

Projet de vocabulaire d'acoustique architecturale. Ind. franç. Radioélectr. 1937, Nr. 126, S. 25—26.

American tentative standard acoustical terminology. H. A. FREDERICK. J. Acous. Soc. Am. 9 (1937), Nr. 1, S. 60—71.

Ein neues akustisches Forschungsinstitut in Turin. Funkschau 1937, Nr. 17, S. 131.

Uno sguardo all'acustica, ai suoi problemi ed alle tue possibilità in Italia. A. GIGLI. Elettrotecn. 24 (1937), S. 670—676.

On the work of the research institute of the musical industry. K. STRUVE. Techn. Physics USSR 4 (1937), Nr. 6, S. 507—509. J. techn. Physics (in russisch) 7 (1937), Nr. 10, S. 1126—1128.

Hunting the songs of vanishing birds with a microphone. P. KELLOGG. J. Soc. Mot. Pict. Engr. 28 (1937), Nr. 5, Nr. 10, S. 559.

Two simplified technics for synchroized x-rays, sound recording, and cathode-ray oscillographic studies of speech. R. CURRY. Rev. sci. Instruments 8 (1937), Nr. 10, S. 382.

Akustisches Schrifttum in Zeitschriften des Jahres 1936. Akust. Z. 2 (1937), Nr. 267—271, Nr. 6, S. 338—346.

Fragen des Grenzgebietes der physikalischen und physiologischen Akustik. F. TRENDELENBURG. Naturwiss. 25 (1937), Nr. 4, S. 49—59.

Acoustical terminology Standard complex by USA. Electr. Engng. 56 (1937), Nr. 3, S. 388.

Acoustical, mechanical and electrical analogies. R. B. ABBOTT & C. G. FRY. Amer. Physics Teacher 6 (1937), Nr. 4, S. 166—167.

Praktische Tabellen für die technische Akustik. G. H. DOMSCH. Arch. techn. Messen 68, Bl. T 21—22. Veröff. Geb. Nachr.-Techn. 7 (1937), Nr. 3, S. 433 bis 436.

Das Eindringen statistischer Forschungsmethoden in die Sprachvergleichung. K. ZWIRNER. Arch. vergl. Phonetik 1 (1937), Nr. 2, S. 116—120.

Über eine neue Kritik des Phonembegriffes. N. TRUBETZKOY. Arch. vergl. Phonetik 1 (1937), Nr. 3, S. 129 bis 153.

Das Phonogrammarchiv der Akademie der Wissenschaften in Wien. L. HAJEK. Arch. vergl. Phonetik 1 (1937), Nr. 4, S. 222—230.

Klang und Rhythmus. Gedanken über ein gemeinsames Arbeitsfeld von Sprach- und Musikforschung. W. WUNSCH. Arch. vergl. Phonetik 1 (1937), Nr. 4, S. 231 233.

Hamburger Beiträge zur wissenschaftlichen Erforschung musikalischer Bewegungsprobleme. W. HEINITZ. Arch. ges. Phonetik 1 (1937), Nr. 4, S. 249—256.

Der Genter Sprachatlas. E. BLANCQUAERT. Arch. vergl. Phonetik 1 (1937), Nr. 1, S. 20—28.

Das Schallarchiv der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft. K. v. BRAUCHITSCH. Arch. vergl. Phonetik 1 (1937), Nr. 2, S. 72—76.

Der Stand der Klangforschung. F. TRENDELENBURG. Bericht 250-Jahrfeier des Leopoldina, Halle a. d. S. 1937, S. 115—128.

Grundbegriffe der Schalltechnik. R. BERGER. Im Buche: Lärm- und Erschütterungsabwehr im Hochbau. W. ZELLER. 1937, S. 3—16.

2. Physikalische Akustik

Benennungen in der Akustik. Akust. Z. 2 (1937), Nr. 4, S. 214—215.

Grundbegriffe und Maßeinheiten der Schalltechnik. R. BERGER. Z. Fernm.-Techn. 18 (1937), Nr. 8, S. 128—131.

Acoustic standards. Radio Engng. 17 (1937), Nr. 1, S. 21.

An audio-oscillator having an air-core inductance coil. CH. WILLIAMSON. Amer. Physics Teacher 5 (1937), S. 135—137.

Nichtstationäre Schallvorgänge. H. BACKHAUS. Erg. exakt. Naturwiss. 16 (1937), S. 237—294.

Akustische Werkstoffprüfung. Rdsch. techn. Arbeit 1937. Nr. 22, S. 3.

Detection and location of laminations in steel plates. H. C. HAYES. J. Acous. Soc. Am. 8 (1937), Nr. 3, S. 209, Nr. 4, S. 220—226.

Nogle forsog fra lydlaeren. R. E. RASMUSSEN. Fysisk Tidsskr. 35 (1937), Nr. 1, S. 20—25. Untersuchungen der Oktave und Quinte.

Octaves and decibels. R. VERMEULEN. Philips techn. Rev. 2 (1937), S. 47—56.

Aufbau der chromatischen Skala. Einfluß der siebenten Harmonischen. R. SCHIDLOF. Arch. Sci. physiques natur. 19 (1937), S. 22—42.

Das Problem der Schwingungserzeugung. H. BARKHAUSEN. Schweiz. Arch. angew. Wiss. Techn. 3 (1937), Nr. 6, S. 141—147.

Schwingungen. J. MANCY. Rev. Acoust. 6 (1937), S. 1—23.

Propagation of waves. T. SAKURI. Proc. physic.-math. Soc. Japan, 19 (1937), S. 297—328.

Advanced laboratory experiments in acoustics, including a new method for measuring the adsorption of sound in tubes. C. K. STEDMAN. Amer. Physics Teacher 5 (1937), Nr. 6, S. 252.

Impulse sounds. Electrician 118 (1937), Nr. 3061, S. 159 bis 160.

Singende Flamme. Z. CARRIÈRE. Rev. Acoust. 6 (1937), S. 24—50.

Zur experimentellen Darstellung akustischer Ausgleichsvorgänge. V. ASCHOFF. Hochfrequenztechn. 49 (1937), Nr. 4, S. 138—140.

General form of a resonance curve. H. ATAKA. Philos. Mag. 23 (1937), Nr. 153, S. 306—309.

Die Dämpfung und Reflexion einer elektromagnetischen Welle an einer ebenen Wand in Abhängigkeit vom Einfallswinkel. R. BACHSTROEM. Telegr. u. Fernspr.-Techn. 26 (1937), Nr. 9, S. 209—212.

Über Schallabsorption in festen Körpern. L. LANDAU u. G. RUMA. Physik. Z. USSR 11 (1937), Nr. 1, S. 18—25.

Über die Erzeugung ebener Schallwellen in Flüssigkeiten und über die Demonstration Fresnelscher Beugungserscheinungen an diesen Wellen. R. BAER. Helv. physica Acta 10 (1937), Nr. 4, S. 311—322.

Akustische Rückkopplung und Rückwirkung. W. BÜRK. Telefunkenztg. 77 (1937), S. 23—42.

Effect of turbulence on the propagation of sound. H. DAHL & O. DEVIK. Nature, London 139 (1937), Nr. 3517, S. 550—551.

The effect of air cuppling in acoustic insulation by means of elastic supports. A. H. DAVIS. Philos. Mag. (7) (1937), Nr. 152, S. 154—157.

Schallstrahlungsdruck und Wellen endlicher Amplitude. E. FUBINI-GHIRON. Alta Frequenza 6 (1937), Nr. 10, S. 640—653.

Force, hauteur et timbre des sons musicaux et leur relation avec l'intensité acoustique, la fréquence fondamentale et le spectre acoustique. H. FLETCHER. Ann. Postes Télégr. 26 (1937), Nr. 2, S. 138—160.

Stroboscopic ripple tank as a teaching aid. CL. A. DYER. Amer. Physics Teacher 5 (1937), S. 208.

The vortex motion causing edge tones. G. B. BROWN. Proc. physic. Soc. 49 (1937), S. 493—507.

Mechanism of edge-tone production. G. B. BROWN. Proc. physic. Soc. 49 (1937), S. 508—521.

Über die Abhängigkeit des Elastizitätsmoduls und der Dämpfung transversal schwingender Metallstäbe von der Amplitude. F. FÖRSTER u. W. KÖSTER. Naturwiss. 25 (1937), Nr. 26/27, S. 436—439.

On free vibration with non-linear elasticity. M. GEMANT. Philos. Mag. (7) 24 (1937), Nr. 160, S. 272—281.

Die Differentialgleichungen des Schallfeldes. O. HEYMANN. Akust. Z. 2 (1937), Nr. 4, S. 193—202.

The acoustical labyrinth. B. J. OLNEY. Electronics 10 (1937), Nr. 4, S. 24—27, 36.

Derivation of coefficients of orifices. W. E. HOWLAND & J. D. RICHETTA. J. Franklin Inst. 223 (1937), Nr. 1, S. 83—94.

On transients in acoustic systems. A. A. KHARKEVICH. J. techn. Physics (in russ. Sprache) 7 (1937), Nr. 9, S. 938—950.

Absorption du son par les cristaux à des températures élèvées. A. S. KOMPANEIETZ. C. R. Moskau (N. S.) 14 (1937), Nr. 5, S. 267—270.

Zur Theorie der Schallabsorption in Flüssigkeiten. L. J. MANDELSTAM & M. A. LEONTOWITCH. Physik. Z. (A) J. exp. theor. Physik, Moskau 7 (1937), S. 438 bis 449.

A laboratory experiment on the kinematics of simple vibratory motion. K. D. LARSEN. Amer. Physics Teacher 5 (1937), S. 131.

An interesting demonstration of the combination of two linear harmonic vibrations to produce a single elliptical vibration. R. W. LEONARD. Amer. Physics Teacher 5 (1937), S. 175—176.

Linear contrast expansion. Methods of varying sound intensities. K. A. MACFAYDEN. Wirel. Wld. 41 (1937), Nr. 953, S. 559—560.

On a formula of Rayleigh for velocity potential. N. W. MCLACHLAN & A. T. MCKAY. J. Franklin Inst. 223 (1937), Nr. 4, S. 501—509.

A simple oscilloscopic demonstration in sound. J. C. MOUZON. Physic. Rev. (2) 51 (1937), Nr. 8, S. 686.

Propagazione ondosa in sistemi imperfettamente elastici. G. OBERTI. Lincei Rend. (6) 25 (1937), Nr. 1, S. 37 bis 43.

The generation of powerful sound vibrations by magnetostriction. E. P. OSTROVSKIJ. C. R. Moskau (N. S.) 14 (1937), Nr. 8, S. 491—494.

Magnetic generation of a group of harmonics. E. PETERSON, J. M. MANLEY & L. R. WRATHALL Bell Syst. techn. J. 16 (1937), Nr. 4, S. 437—455.

The production of Chladni figures by means of solid carbon dioxide. Part. I. Bars and other metal bodies. M. D. WALLER. Proc. physic. Soc. 49 (1937), S. 522 bis 531.

A note on the calibration of audio-frequency oscillators. N. F. ASTBURY. J. sci. Instruments 14 (1937), S. 339 bis 341.

Die physikalischen Grundlagen der Perkussion und Auskultation im Lichte der Elektro-Akustik. A. PIERACH. Forschg. u. Fortschr. 13 (1937), Nr. 19, S. 235—238.

Über die richtende Wirkung des Schallfeldes auf Suspensionen mit kugelförmigen Teilchen. R. Pohlmann. Z. Physik 107 (1937), Nr. 7/8, S. 497—508.

Relaxation, synchronisation et démultiplication de fréquence. Y. Rocard. Onde électr. 16 (1937), Nr. 187, S. 397—417.

A quantitative study of the Doppler effect in sound waves. N. F. Smith. Physic. Rev. (2) 51 (1937), Nr. 8, S. 686.

Die Schallgeschwindigkeiten von Lösungen und ihre Beziehungen zur Schallgeschwindigkeit des gelösten Stoffes. W. Schaaffs. Z. Physik 105 (1937), Nr. 11/12, S. 658—675.

Untersuchungen an neuen Schalldüsen. P. E. Schiller u. H. Castelliz. Akust. Z. 2 (1937), Nr. 1, S. 11—17.

A dubbing rehearsal channel. H. G. Tasker. J. Soc. Mot. Pict. Engr. 29 (1937), Nr. 3, S. 286—292.

Sound waves in a moving medium. J. H. Trimmer. J. Acous. Soc. Am. 9 (1937), Nr. 2, S. 162—164.

Temps et fréquence. V. Yanouchevsky. Televisione, Roma 1 (1937), Nr. 1, S. 19—29.

Standard source of sound. E. N. da C. Andrade & R. C. Parker. Proc. Roy. Acad. 159 A (1937), S. 507—526.

Interference effect of the wall of a pipe on a Rayleigh disc. S. Tomotika. Proc. physic.-math. Soc. Japan 19 (1937), S. 329—336.

Dispersion of sound velocity in liquids. B. V. Raghavendra Rao. Nature, London 139 (1937), Nr. 3525, S. 885.

An investigation of standing sound waves of large amplitude. L. L. Myasnikov. J. techn. Physics 7 (1937), Nr. 3, S. 219—224 (in russ. Sprache).

Über die für eine Schallübertragung in Luft günstigste Sendefrequenz. W. Janovsky u. A. Rechten. Wiss. Veröff. Siemens-Konz. 16 (1937), Nr. 2, S. 84—91.

A novel tone-correction circuit. Television, London 10 (1937), Nr. 114, S. 508.

Ein neuer akustischer Gleichrichter. K. O. Lehmann. Z. techn. Physik 18 (1937), Nr. 10, S. 309—312.

Die Stoßanregung intramolekularer Schwingungen in Gasen und Gasmischungen. IV. Schalldispersions- und Absorptionsmessungen in N_2O und CO_2 bei hohen Temperaturen. A. Eucken u. E. Nümann. Z. physik. Chem. (B) 36 (1937), Nr. 3, S. 163—183.

The conical shock wave formed by a cone moving at a high speed. J. W. Maccoll. Proc. Roy. Soc., London 159 (1937), S. 459—472.

Schallabsorption von Gasen im Kundtschen Rohr, insbes. bei Unterdruck. Der molekulare Anteil der Absorption im Rohr. H. Oberst. Akust. Z. 2 (1937), Nr. 2, S. 76—92.

A note on the vibrations of a rotating rope. A. C. Stevenson. Philos. Mag. 24 (1937), S. 293—298.

Sur les fréquences des sons donnés par un tuyau cylindrique à anche battante. L. Auger. C. R. Acad. Sci., Paris 204 (1937), Nr. 16, S. 1169—1171. Génie civ. 110 (1937), Nr. 18, S. 404.

Résonateurs sphériques et cylindriques. Tuyaux larges et courts. Tuyaux partiellement bouchés. Correction aux bouts. Tuyaux à cheminée. (Etude expérimentale et théorique des fréquences). M. Fouche. Teil 1, 2 und 3. Rev. Fac. Sci. Univ. Istambul (N. S.) 1 (1936), Nr. 4, S. 9—69, 2 (1937), Nr. 1, S. 35—54, Nr. 2, S. 142—161.

Interference effect of the wall of a pipe on a Rayleigh disk. S. Tomotika. Proc. physic.-math. Soc. Japan 19 (1937), S. 329—336.

Flow in pipes and between parallel planes. G. J. Taylor. Proc. Roy. Soc., London (A) 159 (1937), Nr. 899, S. 496—506.

Sur le bruit que produit un essaim d'insectes bourdonnants. Ch. E. Guye. Arch. Sci. physiques natur. (5) 19 (1937), S. 53—70.

Recording bird voices by short-wave radio. Brand. Science 86 (1937), Supp. S. 8—9 (20. 8. 1937).

Physik der Geräusche. H. Lichte. Schweiz. Arch. angew. Wiss. Techn. 3 (1937), Nr. 3, S. 53—64.

Vowel structure. A. Gemelli. Pont. Acad. Sci. Comm. I (1937), S. 1—39.

The square law rectification of electrical noise. F. R. W. Stafford. Wirel. Engr. 14 (1937), Nr. 164, S. 242—245.

An equipment for the artificial production of noise of different intensities and frequency spectra. A. G. Elsnits & M. Yd. Goldin. Izv. Elektroprom. Slab. Toka 1937, Nr. 4, S. 32—38.

Demonstration of Lissajous-figures. G. E. F. Fertel & R. W. B. Stephens. Amer. Physics Teacher 5 (1937), S. 223.

Acoustic signalling along the plane boundary between two media. G. W. Pierce & A. Noyes. J. Acous. Soc. Am. 9 (1937), Nr. 1, S. 74.

Application of a new mathematical method to vibration-rotation interaction. J. E. Rosenthal & L. Motz. Proc. Nat. Acad. Sci. 23 (1937), Nr. 5, S. 259—264.

A simple low power audio-frequency oscillator. S. C. Gladden. Amer. Physics Teacher 5 (1937), S. 230.

Anordnungen zur Schallverstärkung. H. F. Olson. Im Buche: The international broadcart and sound engineer. 1937. Yearbook von A. L. J. Bernaert.

3. Siebketten (elektrische u. akustische)

An audio-frequency generator for laboratory use. R. R. Ramsey. Amer. Physics Teacher 5 (1937), S. 224.

USA-Normierung der Bezeichnung elektrischer Filter. Filmtechn. 13 (1937), Nr. 14, S. 160—161.

Un' introduzione allo studio dei filtri d'onda. G. Giorgi. Energia elettr. 14 (1937), Nr. 7, S. 530—534.

Über elektrische Weichen. H. Piloty. Elektr. Nachr.-Techn. 14 (1937), Nr. 6, S. 197—209.

Elektrische Weichen. W. Cauer. Mix & Genest-Nachr. 9 (1937), S. 75—99.

Sur la théorie des filtres électriques. M. de Mallemann. Bull. Soc. franç. Physique 5. 3. 1937, S. 36—37.

Elektrische Siebketten in Theorie und Berechnung. W. Kautter. Funktechn. Mh. 1937, Nr. 1, S. 1—11.

Two-mesh tuned coupled circuit filters. C. B. Aiken. Proc. Inst. Radio Engr. 25 (1937), Nr. 2, S. 230—272.

Über Reaktanz-Vierpole. H. Piloty. Elektr. Nachr.-Techn. 14 (1937), Nr. 3, S. 88—117.

Vierpoltheorie für Schaltungen der Hochfrequenztechnik. W. Kautter. Telefunkenztg. 18 (1937), Nr. 75, S. 50—59.

A ladder network theorem. J. Riordan. Bell Syst. techn. J. 16 (1937), Nr. 3, S. 303—318.

Finite acoustic filters. R. B. Lindsay. J. Acous. Soc. Am. 8 (1937), Nr. 3, S. 209—210, Nr. 4, S. 211—216; 9 (1937), Nr. 1, S. 76.

New carrier system filters. A. R. D'Heedene. Bell Lab. Rec. 15 (1937), Nr. 5, S. 157—162.

Einfache Methode zur Berechnung der Siebwirkung von Siebketten. H. Lennartz. Funk 1937, Nr. 15, S. 449 bis 450.

A simplified theory of filter selectivity. H. Dudley. Communic. 17 (1937), Nr. 10, S. 12—13, 42.

The design of filters at higher and higher frequencies. C. E. Lane. Radio Engng. 17 (1937), Nr. 5, S. 10—12, 16.

L'indicateur de déphasage dans les quadripoles électriques. L. Kedzierski & J. Keller. Wiadom. Prace Inst. Telekom. Warschau 8 (1937), Nr. 3/4, S. III.

An effective linear filter for harmonics. J. W. A. Hawkins. QST Amateur radio 21 (1937), Nr. 7, S. 19, 62.

Die Anwendung symmetrischer Siebschaltungen nach Cauer für den Rundfunkwellenbereich. K. Steffenhagen. Funktechn. Mh. 1937, Nr. 3, S. 85—87.

Realisierung der Zweipolfunktionen $Z_{1,2}$ und $Y_{1,2}$ 2 (1) für die Berechnung von Brückenfiltern. K. Steffenhagen. Funktechn. Mh. 1937, Nr. 12, S. 373—386.

Tripole filter networks and wave separators. A. Matsumoto. Nippon electr. Communic. Engng. 1937, Nr. 7, S. 201—210.

On a method of designing new type filter. S. Matsumae & M. Yoneyama. Nippon electr. Communic. Engng. 1937, Nr. 6, S. 145—153.

Remarques au sujet du calcul des régimes transitoires dans les filtres. R. Leroy. Ann. Postes Télégr. 26 (1937), Nr. 12, S. 1048—1059.

Die Ebnung des Wellenwiderstandes von Kettenleitern mit Verlusten. R. Feldtkeller. Telegr. u. Fernspr.-Techn. 26 (1937), Nr. 12, S. 269—275.

The reactive filter and its application to waveform analysis. R. M. Barnard. Electr. Communic. 16 (1937), Nr. 2, S. 158—173.

The design of coupling filters in broadcast receivers. Wirel. Engr. 14 (1937), Nr. 165, S. 289—292.

Design of coupled circuit filters. Wirel. Engr. 14 (1937), Nr. 166, S. 347—350.

Anti-interference filters. II. F. R. W. Stafford. Wirel. Wld. 40 (1937), Nr. 20, S. 468—469.

Breite Quarzregelfilter. W. Kautter. Telefunkenztg. Nr. 77 (1937), S. 42—50.

Quarzfilter mit regelbarer Bandbreite. W. Kautter. Funktechn. Mh. 1937, Nr. 10, S. 314—318.

Resistance compensated band-pass crystal filters for use in unbalanced circuits. W. P. Mason. Bell Syst. techn. J. 16 (1937), Nr. 4, S. 423—436.

Symmetrische, kapazitiv gekoppelte Bandfilter mit regelbarer Bandbreite. H. Frühauf. Hochfrequenztechn. 50 (1937), Nr. 6, S. 197—200.

Die graphische Ermittlung von Bandfiltern. F. Steijskal. Funktechn. Mh. 1937, Nr. 1, S. 15—16.

Graphical representation of band-pass characteristics. C. V. Erickson. Radio Engng. 17 (1937), Nr. 3, S. 12—14, 23, Nr. 4, S. 13, 24, 25.

Analytical considerations of band pass filters in superheterodyne receivers. M. Fukata. Nippon electr. Communic. Engng. 1937, S. 72—73.

Über den Einfluß der verschiedenen Arten des Abgleichs auf die Unsymmetrie von Rundfunkbandfiltern. E. Alsleben. Hochfrequenztechn. 49 (1937), Nr. 3, S. 98—100.

Wellenfilter für Meßzwecke. H. Poleck. Arch. techn. Messen 1937, Lfg. 73, S.T. 93—T 95.

Validité du développement en intégrale de Fourier. Application aux régimes transitoires dans les filtres. P. Poincelot. Ann. Postes Télégr. 26 (1937), Nr. 8, S. 721—728.

General calculation of the attenuations of filters with the aid of frequency transformations. L. Laurent. Ericsson Techn. 1937, Nr. 4.

4. Meßtechnik

Das Neper. M. Fuchs. Funk 1937, Nr. 13, S. 368—370.

The evolution of the phon. A successor to the decibel notation for sound measurement. D. B. Foster. Wirel. Wld. 41 (1937), Nr. 2, S. 32—33.

A new electrophonometer for measurements in applied acoustics by either the subjective or the objective method. A. Bernini. Ricerca Sci. (2) 8 (1937), S. 206—212.

Geschichtlicher Überblick der Licht- und Schallmessung. A. Basset. Rev. Art. Mai 1937.

Sound measurements. P. L. Alger. Electr. Engng. 56 (1937), Nr. 3, S. 384.

Notes on some practical comparison tests made between several acoustic measurement methods. E. T. Dickey. Proc. Instn. Radio Engr. 25 (1937), S. 1136—1152.

The right and wrong use of sound equipment testing units. L. Chadbourne. Int. Projectionist 12 (1937), Nr. 3, S. 24.

Errors in acoustic measurements. Electrician 118 (1937), Nr. 3069, S. 419—420, Nr. 3070, S. 461—462.

Messung schneller Frequenzänderungen (Frequenzmodulationsmessung). V. Babits. Elektrotechn. u. Maschinenb. 55 (1937), Nr. 9, S. 102—103.

Frequency control and measurements. Electrician 119 (1937), Nr. 3104, S. 644.

Tonfrequenzuntersuchung mit Hilfe des Tonfrequenzspektrometers. W. W. Diefenbach. Telegr.-Prax. 17 (1937), Nr. 14, S. 215—217.

Frequency standardising equipment. H. J. Finden. Wirel. Engr. 14 (1937), Nr. 162, S. 117—126.

Wellenform — Bestimmung . Punktweise Aufnahme mit Gleichrichtern. Selbsttätige Aufzeichnung der Wellenform. W. Geyger. Arch. techn. Messen 1937, Nr. 77, S. T 150—T 151.

Ein neues Tonfrequenz-Spektrometer. P. Heuer. Rdsch. techn. Arbeit 1927, Nr. 14, S. 5.

Röhren-Frequenzmesser mit direkter Ablesung. F. Vecchiacchi. Alta Frequenza 6 (1937), Nr. 5, S. 279—312.

A gas-relay operated frequency meter. E. J. B. Willey. Wirel. Engr. 14 (1937), Nr. 168, S. 433—434.

Frequency control. N. C. Rolfe. Electr. Rev., London 121 (1937), Nr. 3131, S. 745.

Frequency measurement. A new equipment for the range 1—70 Mc/s. H. A. Thomas. Wirel. Engr. 14 (1937), Nr. 165, S. 299—305.

Sound analysis. H. H. Hall. J. Acous. Soc., Am. 8 (1937), Nr. 3, S. 206, Nr. 4, S. 257—262.

Über die mechanische Frequenzanalyse einmaliger Schwingungsvorgänge und die Bestimmung der Frequenzabhängigkeit von Übertragungssystemen und

Impedanzen mittels Ausgleichvorgängen. G. v. Békésy. Akust. Z. 2 (1937), Nr. 5, S. 217—224.

Acoustical interferometers. H. K. Schilling. Amer. Physics Teacher 5 (1937), Nr. 6, S. 280—282.

Das Tonfrequenz-Spektrometer für Frequenzanalysen. Telegr.-Prax. 17 (1937), Nr. 3, S. 44—45.

Beitrag zur Theorie und Technik der Frequenzanalyse mit Suchton. K. Schoeps. Hochfrequenztechn. 49 (1937), Nr. 6, S. 184—194.

Über den Aufbau von Suchtonanalysatoren. G. Weymann. Hochfrequenztechn. 49 (1937), Nr. 6, S. 181 bis 183.

Methods of analyzing acoustic-feedback howl. C. O. Caulton. Communic. 17 (1937), Nr. 9, S. 28—31.

Neuzeitliches Verfahren zur Klanganalyse. G. Buchmann. Z. VDI 81 (1937), Nr. 31, S. 915—921.

Advanced laboratory experiments in acoustics, including a new method for measuring the absorption of sound in tubes. C. K. Stedman. Amer. Physics Teacher 5 (1937), Nr. 6, S. 252—259.

Über das Schallfeld in der Umgebung einer stark lärmenden Fabrik. H. J. Menges. Z. techn. Physik 18 (1937), Nr. 3, S. 73—75.

Lärmmessungen in Betrieben. E. Lübcke. Rdsch. techn. Arbeit 1937, Nr. 49, S. 2.

Mesures de bruits. A. Labrousse. Ann. Postes Télégr. 26 (1937), Nr. 1, S. 38—58.

The performance of noise meters in terms of the primary standard. B. G. Churcher & A. J. King. J. Instn. electr. Engr. 81 (1937), Nr. 487, S. 57—90.

A new noise meter. J. M. Barstow. Bell Lab. Rec. 15 (1937), Nr. 8, S. 252—256.

Richtlinien für Geräuschzeiger und -schreiber. Akust. Z. 2 (1937), S. 54—55.

Modern noise meter. Wirel. Wld. 41 (1937), Nr. 4, S. 84 bis 85.

Measuring noise. Electr. Rev., London 120 (1937), Nr. 3100 S. 627.

Noise measurement. The interior of the sound proof room. Electr. Rev., London 121 (1937), Nr. 3125, S. 549.

A proposed test code for apparatus noise measurement. Electr. Engng. 56 (1937), Nr. 9, S. 1079—1082.

Measurement of noise. Laboratory equipment and instruments; noise abatement in motor cars and aircraft. Engineering 144 (1937), S. 644—647.

Aural comparison tests. Electrician 118 (1937), Nr. 3071, S. 487—488.

An improved chromatic stroboscope. R. W. Young & A. Loomis. J. Acous. Soc. Am. 9 (1937), Nr. 1, S. 79.

Neuere Geräte zum Messen von Schwingungen und Beschleunigungen. O. Teufert. Meßtechn. 13 (1937), Nr. 4, S. 68—71.

A continuous level recorder for routine studio and theater measurements. G. M. Sprague & J. K. Hilliard. J. Soc. Mot. Pict. Engr. 29 (1937), Nr. 6, S. 645—655.

A laboratory flutter-measuring instrument. R. R. Scoville. J. Soc. Mot. Pict. Engr. 29 (1937), Nr. 2, S. 209—215.

The sound-level meter in the motion picture industry. H. H. Scott & L. E. Packard. J. Soc. Mot. Pict. Engr. 29 (1937), Nr. 5, S. 569.

Smoke method of measuring supersonic velocities. R. C. Parker. Proc. physic. Soc. 49 (1937), S. 95 bis 104.

Mesure de la vitesse du son dans les liquides par une méthode de résonance. C. Salceanu. C. R. Acad. Sci., Paris 205 (1937), Nr. 24, S. 1219—1221.

An acoustic impedance bridge. N. W. Robinson. Philos. Mag. (7) 23 (1937), Nr. 156, S. 665—681.

Microphonic actuated thyratron relay. C. V. Rajam. Proc. Indian Acad. (A) 5 (1937), Nr. 3, S. 301—304.

A chromatic stroboscope. O. L. Railsback. J. Acous. Soc. Am. 9 (1937), Nr. 1, S. 37—42.

Akustische Meßverfahren unter besonderer Berücksichtigung der Messungen in Fernsprechern. H. Panzerbieter. Elektrotechn. Z. 58 (1937), Nr. 27, S. 735 bis 738, Nr. 28, S. 765—766. Veröff. Geb. Nachr.-Techn. 7 (1937), Nr. 3, S. 443—448.

The dynamic testing of soft materials. Anastasevich & Pamfilov. J. techn. Physik 7 (1937), Nr. 12., S. 1304—1310 (in russ. Sprache).

A direct-reading pitch recorder and its applications to music and speech. J. Obata & R. Kobayachi. J. Acous. Soc. Am. 9 (1937), Nr. 2, S. 156—161.

A modernized hearing meter. R. Nordenswan. Bell. Lab. Rec. 15 (1937), Nr. 5, S. 162—166.

Loudness measurements. W. A. Munson. Bell Lab. Rec. 15 (1937), Nr. 10, S. 306—310. Electrician 119 (1937), Nr. 3087, S. 138.

A modified tube method for the measurement of sound absorption. K. C. Morrical. J. Acous. Soc. Am. 8 (1937), Nr. 3, S. 162—171.

Akustische Messungen an Wirbelstraßen hinter Kreiszylinder und ebener Platte. R. Lehnert. Physik. Z. 38 (1937), Nr. 13/14, S. 476—498.

The theory of operation of a thermo-cople in reverberation measurements. S. Skretkov. J. techn. Physik 7 (1937), Nr. 12, S. 1268—1272 (in russ. Sprache).

An empirical formula for the loudness of a 1000-cycle tone. H. P. Knauss. J. Acous. Soc. Am. 9 (1937), Nr. 1, S. 45—46.

Die Verwendung des Elektronenstrahl-Oszillographen in der Tonfilmtechnik. P. E. Klein. Filmtechn. 13 (1937), Nr. 18, S. 206—209.

Erschütterungsmessung in der Praxis. H. W. Koch. Schalltechn. 9 (1937), Nr. 1, S. 1—5.

Radiation pressure by torsion pendulum and by „weighing" on spring balance. E. Klein. J. Acous. Soc. Am. 9 (1937), Nr. 1, S. 75.

Measurements on the velocity and absorption of sound in various gases between + 100° C and — 100° C. Influence of pressure on the absorption. A. van Itterbeck & P. Mariens. Physica 4 (1937), S. 609 bis 616.

Vibration studies with the rapid oscillograph. H. E. Hill. Bell Lab. Rec. 16 (1937), Nr. 1, S. 26—30.

Apparatus for the synthesis of non-linear distortions. A. Barone. Ricerca Sci. 2 (1937), Nr. 516, S. 329 bis 345.

Neue Meßgeräte für die Fernmeldetechnik. U. Hennecke u. A. Haag. Telegr.-Prax. 17 (1937), Nr. 16, S. 249—253.

(Fortsetzung folgt.)

MITTEILUNGEN DES DEUTSCHEN AKUSTISCHEN AUSSCHUSSES

Benennungen in der Akustik

In der Sitzung des Deutschen Akustischen Ausschusses am 18. November 1937 sind die Akustischen Benennungen[1]) in der folgenden Fassung angenommen worden:

1. Schall: Mechanische Schwingungen und Wellen eines elastischen Mediums im Frequenzbereich des menschlichen Hörens (16 Hz bis 20 kHz).
2. Infraschall: Mechanische Schwingungen und Wellen eines elastischen Mediums unterhalb des Frequenzbereiches des menschlichen Hörens.
3. Ultraschall: Mechanische Schwingungen und Wellen eines elastischen Mediums oberhalb des Frequenzbereiches des menschlichen Hörens.
4. Ton: Schall von sinusförmigem Verlauf.
5. Klang: Aus harmonischen Teiltönen zusammengesetzter Schall.
6. Tongemisch: Aus Tönen beliebiger Frequenzen zusammengesetzter Schall.
7. Klanggemisch: Aus Klängen mit Grundtönen beliebiger Frequenzen zusammengesetzter Schall.
8. Geräusch: Tongemisch, dem ein kontinuierliches Spektrum entspricht, oder das sich aus sehr vielen Einzeltönen zusammensetzt, deren Frequenzen nicht im Verhältnis ganzer Zahlen zueinander stehen.
9. Knall: Schallstoß, vornehmlich von großer Schallstärke.
10. Lärm: Störender Schall.
11. Schallgeschwindigkeit: Ausbreitungsgeschwindigkeit der Schallwelle.
12. Schallausschlag[2]): Auslenkung eines schwingenden Teilchens aus der Ruhelage.
13. Schallschnelle[2]): Wechselgeschwindigkeit eines schwingenden Teilchens.
14. Schalldruck[2]): Durch die Schallschwingung hervorgerufener Wechseldruck.
15. Schallfluß: Produkt aus Schallschnelle und Strömungsquerschnitt.
16. Schallenergie: Mechanische Energie in Form von Schall.
17. Schalleistung: In der Zeiteinheit durch eine beliebige Fläche strömende Schallenergie.
18. Schallstärke: Schalleistung, bezogen auf die Flächeneinheit.
19. Schalldichte: Zeitlicher Mittelwert der räumlichen Dichte der Schallenergie.
20. Lautheit: Stärke der Schallempfindung.
21. Lautstärke: Maß für die Schallempfindun[3]).
22. Hörsamkeit: Eignung eines Raumes für Schalldarbietung.
23. Nachhallzeit: Zeit, in der die mittlere Schalldichte in einem Raum auf den millionsten Teil ihres Anfangswertes abfällt.
24. Rückwurfgrad (Reflexionsgrad): Verhältnis der zurückgeworfenen (rückkehrenden) zur auftreffenden Schalleistung.
25. Schluckgrad: Verhältnis der nicht rückkehrenden zur auftreffenden Schalleistung.
26. Verwärmgrad: Verhältnis der durch Umwandlung in Wärme verlorenen zur auftreffenden Schalleistung.
27. Durchlaßgrad: Verhältnis der durchgelassenen zur auftreffenden Schalleistung.
28. Mechanischer Widerstand: Komplexes Verhältnis der antreibenden Kraft zur Schnelle.
29. Akustischer Widerstand: Komplexes Verhältnis des Schalldruckes zum Schallfluß.
30. Schall-Wellenwiderstand: Komplexes Verhältnis des Schalldruckes zur Schallschnelle in der ebenen Welle.
31. Schallhärte: Komplexes Verhältnis des Schalldruckes zum Schallausschlag.

Erläuterungen

Zu 1. „Schall" wird hier nach dem Sprachgebrauch der Akustiker als physikalische (nicht physiologische oder psychologische) Erscheinung erklärt (vgl. 18. Schallstärke). Es ist deshalb auch davon abgesehen worden, einen Unterschied zwischen „Schwingungen" und „Wellen" zu machen und nur diese als „Schall" zu bezeichnen. Die Schwingungen z. B. einer Membran sollen in der Akustik durchaus als Schallschwingungen gelten.

Zu 2 und 3. Die Bezeichnung „Ultraschall" hat sich bereits sehr eingebürgert; die deutschen Benennungen „Unter-" und „Überschall" wären nicht möglich, da sonst Ausdrücke wie „Unter-" und „Überschallgeschwindigkeit" zweideutig wären. Auch die vorgeschlagenen Ausdrücke „Hochschall" und „Tiefschall", „Obschall" und „Beben" haben nicht die allgemeine Zustimmung gefunden.

Zu 4 bis 7. Die in der Akustik übliche Bestimmung der Begriffe „Ton" und „Klang" weicht bekanntlich von der in der Musik üblichen ab. Der Musiker nennt einen einfachen Klang „Ton", ein Klanggemisch „Klang" (z. B. Dreiklang).

Der Begriff „Tongemisch" ist eingefügt worden, weil sich unter ihm gewisse Schallvorgänge, z. B. der Glockenschall, einordnen lassen.

[1]) Vgl. hierzu Akust. Z. 2 (1937), S. 214.

[2]) Die Benennung kann für den Augenblickswert, den Scheitelwert (größten Wert) und den Effektivwert (quadratischen Mittelwert) benutzt werden.

[3]) Aufgabe 55 (Lautstärke) des AEF; vgl. hierzu Akust. Z. 3 (1938), S. 59.

Zu 8. Der Übergang zwischen „Tongemisch" und „Klanggemisch" einerseits und „Geräusch" andererseits ist fließend. Im allgemeinen wird man von einem Geräusch sprechen, wenn sehr viele unharmonische Töne oder Klänge mit nicht im Verhältnis ganzer Zahlen zueinander stehenden Grundtönen zusammenwirken.

Zu 14. In der älteren Literatur wird unter Schalldruck der Gleichdruck verstanden, der infolge der quadratischen Glieder der hydrodynamischen Gleichungen entsteht und etwa dem Strahlungsdruck der Optik entspricht. Die Definition des Normblattes gibt den neueren Sprachgebrauch wieder.

Zu 11 und 13. Das Wort „Schnelle", das an sich dasselbe bedeutet wie Geschwindigkeit, soll demnach in der Akustik nur zur Bezeichnung der Geschwindigkeit der schwingenden Teilchen verwendet werden. „Geschwindigkeit" dagegen ist in der Akustik immer die Ausbreitungsgeschwindigkeit einer Welle.

Zu 25, 26 und 27. Der „Schluckgrad" setzt sich aus zwei Teilen zusammen, aus dem „Verwärm-" und dem „Durchlaßgrad". Die Raumakustik kommt ohne den übergeordneten Begriff des Schluckgrades nicht aus.

Zu 28. Die Größe „mechanischer Widerstand" wird meist zur Kennzeichnung des Verhaltens eines mechanischen Schwingers, z. B. einer Kolbenmembran, unter dem Einfluß einer antreibenden Kraft benutzt.

Zu 29. Die Größe „akustischer Widerstand" dient insbesondere zur Kennzeichnung des Widerstandes eines akustischen Leiters von gegebenem Querschnitt, wie z. B. einer Resonatoröffnung oder der Öffnung eines Trichters.

Zu 30. Die Größe „Schall-Wellenwiderstand" dient in erster Linie zur Kennzeichnung der Übertragungseigenschaften eines Schallmediums. Sie ist früher vielfach als „Schallwiderstand" bezeichnet worden. In Luft und bei tiefen Frequenzen ist der Schall-Wellenwiderstand im wesentlichen reell. In Medien mit starker Schallabsorption, z. B. in Gummi, kann der Schall-Wellenwiderstand komplex sein.

Zu 31. Die „Schallhärte" ist häufig zur Kennzeichnung des Verhaltens eines Empfängers gegenüber einer Schallerregung benutzt worden.

NACHRICHTEN

Die Siemens & Halske AG. hatte zu einem Pressevortrag eingeladen, um bei dieser Gelegenheit über ihre neueren Forschungen auf akustischem Gebiet und deren Anwendung in der Technik zu berichten.

Nach einer Begrüßung durch Herrn Dr. H. von SIEMENS setzte Prof. Dr. F. TRENDELENBURG vom Forschungslaboratorium der Siemens Werke Verfahren, Zweck und Ziel der Klanganalyse auseinander. Er konnte durch ausgewählte Beispiele und Vorführungen zeigen, daß das Verfahren der Klanganalyse mit Hilfe der Oktavsieboszillogramme wertvolle Hilfe, u. a. bei der Untersuchung der klanglichen Eigenart mancher Musikinstrumente (Einsätze bei der Orgel), bietet. Ebenfalls gestattet es Feststellungen über die Energieverteilung in kurzzeitig wirkenden Geräuschen.

Prof. Dr. E. LÜBCKE vom Dynamowerk der Siemens Schuckert-Werke sprach über die Mittel und Wege, die für die Beseitigung von Störgeräuschen im Geräte- und Maschinenbau benutzt worden sind. Das Streben nach der „ruhigen Maschine" im Gegensatz zur „lauten Maschine der Vergangenheit" hat schon zu schönen Ergebnissen geführt, wie durch einige Beispiele (Staubsauger, Schalter, Getriebe u. a.) dargelegt wurde.

Ein Vortrag über „Akustische Untersuchungen in der Nachrichtentechnik" von Dr. W. JANOVSKY vom Zentrallaboratorium der Siemens & Halske AG. ließ die vielseitigen Arbeiten zur Verbesserung des Kohlemikrophons, die zu einer wesentlichen Verbreiterung des Frequenzbereiches bei gleichzeitig günstigen Verstärkungseigenschaften des neuen Mikrophons geführt haben, erkennen. Besondere Mikrophone wurden für die Verständigung bei starkem Lärm entwickelt. So gestattet das Kehlkopfmikrophon noch eine Verständigung in einem Lärmpegel von über 100 phon Lautstärke.

In einer anschließenden Führung zeigte man einen „Krachraum", in dem Untersuchungen bei abnorm hohen Schalldrücken vorgenommen werden können, weiterhin einen „Schluckraum" für Untersuchungen der Schallabstrahlung und Richtwirkung von Schallquellen. Im Forschungslaboratorium waren eine Anzahl neu entwickelter Meßgeräte, u. a. das Tonfrequenzspektrometer, das Oktavsieb sowie ein neues Kondensatormikrophon mit eichbarem Verstärker für Schalldruckmessungen zu sehen.

F. J. MEISTER

Bekanntmachung

über die Regelung der Stimmtonfrage im deutschen Hoheitsgebiet

(Reichs- und Preußischer Staatsanzeiger 1938 Nr. 37 S. 1)

Im Einvernehmen mit der Reichsmusikkammer, der Staatlichen Hochschule für Musik, der Reichsrundfunkkammer, der Reichsrundfunk-Gesellschaft, verschiedenen musikwissenschaftlichen Staatsinstituten, der „Arbeitsgemeinschaft Reichsmusikkammer-Musikinstrumentengewerbe" und dem deutschen Normenausschuß empfiehlt die Physikalisch-Technische Reichsanstalt, Berlin-Charlottenburg:

Bei allen öffentlichen Musikdarbietungen im deutschen Hoheitsgebiet und bei dem Bau von Musikinstrumenten ist das auf der Wiener Stimmtonkonferenz im Jahre 1885 als Normstimmton a' mit 435 ganzen Schwingungen in der Sekunde (Hz) oder nach französischer Zählweise mit 870 Halbschwingungen in der Sekunde innezuhalten oder wenigstens die Annäherung an diesen alten Wert anzustreben; auf keinen Fall aber ist ein Stimmton zu verwenden, der über 440 Hz liegt.

Im Hinblick auf eine bevorstehende gesetzliche Regelung der Stimmtonfrage wird darauf hingewiesen, daß nach Inkrafttreten dieser Regelung Musikinstrumente, die auf einen über 440 Hz liegenden Ton gestimmt sind, für öffentliche Musikdarbietungen im deutschen Hoheitsgebiet nicht ohne weiteres mehr verwendet werden dürfen oder umgebaut werden müssen.

Berlin-Charlottenburg, den 11. Februar 1938.

Der Präsident
der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt
STARK

Verantwortlicher Schriftleiter: Reg.-Rat Dr. Martin Grützmacher, Berlin. — Für den Anzeigenteil verantwortlich: A. Plohmann, Leipzig. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig, Königstr. 2. — Druck: A. Heine G. m. b. H., Gräfenhainichen. — „I. v. W. g." — Zur Zeit gilt Anzeigenpreisliste 1. — Printed in Germany